

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.
«__» _____ 2023 р.

_____ В.С. Хмельовський

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: “Обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива”

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

Керівник магістерської роботи
професор _____ Поляшук В.М.

Виконав _____ Волошин О.В.

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри охорони праці та
біотехнічних систем тваринництва
В.С. Хмельовський

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Волошину Олександрові Володимировичу

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи «Обґрунтування технології та вибір обладнання
для виробництва гранульованого біопалива»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "30" грудня 2022 р. за

№ 1943 "С"

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 01.10.2023 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

– маса сировини для продукування деревних паливних гранул в компанії

«Woodmart» м. Васильків;

– фізико-механічні властивості деревної сировини для продукування дере-
вних паливних гранул;

– фізико-механічні властивості деревних паливних гранул.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

– здійснити аналіз технологій та технічних засобів продукування деревних
паливних гранул;

– обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри екструдера-гранулятора із кільцевою матрицею в лінії гранулювання виробництва паливних гранул із деревних відходів в компанії «Woodmap» м. Васильків;

– здійснити експериментальні дослідження теплотворної здатності деревних паливних гранул;

– встановити виробничі небезпеки при продукуванні деревних паливних гранул та створити інструкцію з охорони праці при виробництві деревних паливних гранул;

– провести техніко-економічну оцінку проекту.

Дата видачі завдання 09.02.2023 р.
Керівник магістерської роботи Поліщук В.М.

Завдання прийняв до виконання Волошин О.В.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської роботи.....	2
Зміст.....	4
Реферат.....	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз технологій та технічних засобів для виробництва паливних гранул.....	9
1.1. Енергетична цінність паливних гранул.....	9
1.2. Особливості виготовлення паливних гранул.....	10
1.3. Види грануляторів.....	13
1.4. Новітні технології виробництва паливних гранул.....	13
Висновки до розділу 1.....	18
Розділ 2. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гранулятора в лінії гранулювання відходів деревини Компанії «Woodmart» (м. Васильків).....	19
2.1. Характеристика компанії «Woodmart».....	19
2.2. Методика конструктивно-технологічного розрахунку параметрів гранулятора для виготовлення деревних паливних гранул.....	20
2.2.1. Методика конструктивно-технологічного розрахунку параметрів гранулятора із кільцевою матрицею.....	20
2.2.2. Методика визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора із кільцевою матрицею.....	24
2.3. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виготовлення деревних паливних гранул.....	28
2.3.1. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора із кільцевою матрицею.....	28
2.3.2. Визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора із кільцевою матрицею.....	33
Висновки до розділу 2.....	37
Розділ 3. Експериментальне визначення теплотворної здатності паливних гранул з деревних відходів.....	39

3.1. Конструкція калориметра.....	39
3.2. Програма та методика експериментальних досліджень.....	41
3.3. Методика оброблення результатів.....	44
3.4. Результати досліджень.....	46
Висновки до розділу 3.....	48
Розділ 4. Охорона праці.....	49
4.1. Аналіз небезпек при виготовленні деревних паливних гранул.....	49
4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул.....	51
Висновки по розділу 4.....	58
Розділ 5. Техніко-економічна оцінка проекту.....	59
Висновок до розділу 5.....	64
Висновки.....	65
Список використаних джерел.....	67
Додатки.....	72
Додаток А. Креслення деталей та вузлів гранулятора.....	72

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота на тему "Обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива" складається з пояснювальної записки загальним обсягом 78 сторінок, у тому числі 7 таблиць, 11 рисунків, 55 формул, 43 літературних джерела. І додатку і презентації роботи на 17 слайдах.

НУБІП України

У вступі вказана потреба використання гранульованого біопалива на заміну викопному паливу.

У першому розділі здійснений аналіз технологій та обладнання для виробництва деревних паливних гранул.

НУБІП України

В другому розділі в результаті аналізу господарської діяльності господарства встановлена продуктивність гранулятора для виробництва деревних паливних гранул. Із застосуванням наведених методик встановлені конструктивно-технологічні параметри гранулятора із кільцесою матрицею для виготовлення пеллет із біомаси.

НУБІП України

У третьому розділі здійснене експериментальне встановлення теплової здатності паливних гранул з деревних відходів.

У четвертому розділі здійснений аналіз небезпек при виготовленні пеллет та підготовлена інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул.

НУБІП України

У п'ятому розділі здійснене обґрунтування економічної ефективності розробки.

У висновках наведені основні результати магістерської роботи.

НУБІП України

Ключові слова: ГРАНУЛЮВАННЯ, ПАЛИВНІ ГРАНУЛИ, ГРАНУЛЬОВАНЕ БІОПАЛИВО, РОЛИК, ФІЛЬСА, МАТРИЦЯ, КАЛОРИМЕТРИЧНА БОМБА

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Останнім часом спостерігається інтенсифікація переходу до використання біомаси для заміни викопному паливу. Рада Європи передбачає до 2030 р. замінити четверту частину потреб у паливі для автотранспорту на рідке біопаливо.

НУБІП України

Шляхом вивчення сировини біомаси в Україні задля одержання твердого біопалива, такого як брикети або пелети свідчить, що доступні запаси біомаси становлять близько 28 млн. т кмвного палива на рік. В результаті аналізу стає зрозумілим, що с.-г. відходи (солома зернових культур, ріпаку, стебла кукурудзи та соняшнику) за своїми енергетичним показникам близькі до показників деревини. В результаті аналізу всіх характеристик було встановлено, що використання біомаси с.-г. виробництва в Україні для одержання твердого біопалива дає можливість зменшити використання викопного палива [1].

Тому тема роботи актуальна.

НУБІП України

Мета магістерської роботи – покращення ефективності функціонування компанії «Woodmart» в м. Васильків Київської обл. шляхом обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива.

Для досягнення вказаної мети потрібно вирішити такі завдання:

- НУБІП України
- здійснити аналіз технологій та технічних засобів продукування деревних паливних гранул;
 - обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри екструдера-гранулятора із кільцевою матрицею в лінії гранулювання виробництва паливних гранул із деревних відходів в компанії «Woodmart» м. Васильків;
 - здійснити експериментальні дослідження теплотворної здатності деревних паливних гранул;
 - встановити виробничі небезпеки при продукуванні деревних паливних гранул та створити інструкцію з охорони праці при виробництві деревних паливних гранул;
 - провести техніко-економічну оцінку проекту.
- НУБІП України

Об'єкт дослідження – технології та технічні засоби для отримання деревних паливних гранул.
Предмет досліджень – обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива.

Очікувані результати магістерської роботи:

- здійснений аналіз технологій та технічних засобів продукування деревних паливних гранул;
- обґрунтовані конструктивно-технологічні параметри екструдера-гранулятора із кільцевою матрицею в лінії гранулювання виробництва паливних гранул із деревних відходів в компанії «Woodmart» м. Васильків;
- здійснені експериментальні дослідження теплової здатності деревних паливних гранул;
- встановлені виробничі небезпеки при продукуванні деревних паливних гранул та створити інструкцію з охорони праці при виробництві деревних паливних гранул;
- проведено техніко-економічну оцінку проекту.

В основу магістерської роботи покладено наступні методи наукових досліджень:

- аналіз системи “деревні відходи – гранулятор – деревні паливні гранули”;
- встановлення за відомою методикою конструктивно-технологічних параметрів гранулятора із кільцевою матрицею;
- аналіз і синтез процесу виготовлення паливних гранул з деревних відходів.

РОЗДІЛ 1

НАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІРОБНИЦТВА ДЕРЕВНИХ ПЛІВНИХ ГРАНУЛ

1.1. Енергетична цінність паливних гранул

Багато років людство стикається з проблемами, пов'язаними зі зменшенням кількості традиційних викопних носіїв енергії та зі зміною кліматичних параметрів планети. Реально замінити викопні енергоносії можна використанням джерел енергії, здатних поновлюватися. Одним із таких джерел можна вважати сировину з рослинних залишків та з деревини. На підприємствах лісової промисловості, на технологічних операціях, починаючи з заготівлі деревної сировини до отримання кінцевого результату, накопичуються відходи, які займають значні площі та забруднюють навколишнє середовище. Сьогоднішні вимоги до збереження навколишнього середовища встановлюють суворі правила зберігання та переробки деревної сировини. Транспортування цих залишків до звалищ та їх утилізація потребують значних затрат. Отже завдання ефективної переробки відходів деревини є актуальним. Практика показує, що відходи деревини є хорошим паливом, вони характеризуються високим показником теплотворної здатності. Найбільша перевага цього палива – це його екологічна безпека, під час згоряння відходів деревини утворюється мінімальна кількість золи та шкідливих викидів [41].

Залишки деревини поділяють на шматкові – тирсу стружку, та м'які – деревний пил. Обсяг отриманих відходів залежить від виду виробництва та технічної оснащення. Обсяг відходів залежить від характеру виробництва і перебуває в межах 23-26% на лісозаготівельних та деревообробних виробництвах та 52-60% при виробництві паркету і фанери. В випадку неможливості використання деревних відходів з отриманням найбільшої вигоди, доцільніше їх використання як палива. Справа в тому, що природне розкладання деревини виділяє в довкілля таку саму кількість вуглекислого газу, як і під час згоряння [41].

Гранули, що відносяться до першого класу, використовуються в системі

опалення з потужністю до 1 МВт, такі задіяні в більшості для опалення приватного сектору. Для використання в установках більшої потужності і в обладнанні з отримання тепла та електроенергії комбіновано, виробляється промислові гранули. Деревні гранули, що відносяться до 1 класу, отримуються з деревних відходів, очищених від кори, гранули ж для промислових систем отримуються з відходів деревини з корою [19].

1.2. Особливості виготовлення паливних гранул

На якісні показники отриманих гранул впливають вид сировини, значення вологості та розмірів. Дані довідників вказують оптимальне для процесу пресування гранул з деревини значення вологості сировини 8-12%. Встановлено дослідженнями, що збільшення значення вологості величина щільності гранул зменшується, а внаслідок процесу випаровування з поверхні гранул вологи можуть утворюватися тріщини, які мають вплив на характеристики їх міцності, знижуючи їх. Чим менші розміри часток сировини тим краща якість отриманих гранул. Найвищі характеристики якості гранул, вироблених з тирси. Залишки у вигляді шматків необхідно подрібнити до параметрів 0,5-1,0 мм, пам'ятаючи, що кількість часток з розмірами 1,0-5,0 мм не може перебільшувати 25%. Найкращі якісні показники спресованих гранул досягаються в випадках, коли параметри часток не більш 2 мм. Разом з тим існує твердження, що частки дрібніших розмірів зношують матрицю менше. Відходи деревини в шматках зазвичай значно крупніші за розмірами: їх довжина 10-600 мм, ширина 10-400 мм, товщина 1-100 мм. Значить, існує необхідність попереднього їх подрібнення. Деревний матеріал після подрібнення у відповідності до ГОСТ 23246-78 поділяється на такі фракції: деревна тріска, деревна стружка, деревна дробленка, деревна тирса, борошно та пил [22].

Якщо частка шматкових відходів невелика, її відразу подрібнюють до стану тирси. Якщо значення виходу продукції більше 3000 т гранул деревини в рік, має сенс подрібнювати кускові відходи в дробленку або трієку, а пізніше

доподрібнити їх в фракцію тирси. Причина такого технологічного рішення – мала продуктивність найпоширеніших шматкових подрібнювачів деревних відходів. Відомо, що з'єднувальним матеріалом для деревних гранул є лігнін. Це

полімерна речовина ароматичної природи, аморфна. Вона наявна в клітинах деревини і спроможна під дією високої температури і високого тиску виділятися.

Вміст лігніну в деревних відходах дерев хвойних порід 26-35%, в деревині листяних порід – 17-28%, в деревній корі залежно від породи 17-45%. Колір лігніну залежить від способу його отримання з деревного матеріалу і змінюється від світло-жовтого до темно-коричневого. Показник щільності лігніну становить 1250-

1450 кг/м³ [20].

Вміст хімічних речовин в деревині за елементним складом майже не відрізняється для більшості порід дерев. Сировиною для отримання гранул є дере-

вина, повітря і вода. Їх співвідношення впливає на параметри процесу пресування сировини. Найбільший вплив має значення вологості та розміри часток,

для вироблення комбікормових гранул, крім цих характеристик, важливе значення має показник тиску при пресуванні, температурний показник сировини та тривалість процесу отримання гранул. Коли росте тиск процесу пресування і па-

дає вологість, значення щільності спресовані маси росте. При значенні вологості

деревних відходів більше 15% та вологості кори більше 10% вироблені брикети та гранульований матеріал характеризується недостатнім показником щільності,

а відповідно, низькою міцністю. З цієї причини необхідно витримувати пресований напівфабрикат в формуючій камері під необхідним тиском протягом певного

часу, щоб відбувся процес релаксації пружних напружень. Чим вищий показник температури напівфабрикату, що пресується, тим нижча величина тиску для

отримання продукту гарної якості. В процесі знаходження сировинної маси в формуючому каналі створюється гладенька і міцна плівка на контактній поверхні.

Найбільший показник міцності у гранули, спресованої при температурі більшій 150°C. За меншого значення температури процесу пресування показник міцності зменшується. Верхній кордон температури пресування – 250°C, за цієї темпе-

ратури відбувається реакція піролізу – часткового розкладання деревної сировини. В процесі гранулювання деревної тирси оптимальною вважають (з матеріалів компанії California Pellet Mill), температурний показник для гранул від 86 до 103°C. Це зумовлюється необхідністю проходження процесу плавлення лігніну, а він відбувається при 90°C та при відсутності утворених водяних парів, які здатні розірвати гранули [41].

На якості поазники пресованої деревної тирси вказують значення їх теплоти згоряння та зольності. Величина зольності деревини в межах 0,1 до 1,0%, зольність деревної кори може досягати 8%. Зола використовується як добриво для

живлення рослин. Показник вищої теплоти згоряння деревних відходів описується її хімічним складом, очевидно він приблизно однаковий у дерев усіх порід. У кори величина теплоти згоряння більша, ніж у деревних відходів. Показник нижчої теплоти згоряння вологих деревних відходів значно зменшується з збільшенням вологості. За 70% вологості величина теплоти згоряння зменшується в

20 раз. В процесі гранулювання деревної тирси показник насипної щільності сировинного матеріалу збільшується з 100 до 650 кг/м³. Величина щільності отриманих гранул більша 1140 кг/м³ і спроможна досягти 1750 кг/м³. Величина ж насипної щільності рівна 870 кг/м³. Гранульований матеріал зберігається за во-

логості меншій 10%. Цей показник забезпечує нормоване стандартом значення теплоти згоряння 18 МДж/кг. В умовах значення вологості 30% та більше гранульований матеріал руйнується і перетворюється в крихту. Для процесу отримання гранул з сухої тирси необхідно затратити енергію, рівну 3% енергетичної

ємності вироблених гранул. При необхідності сушки гранул, витрата енергії на їх виробництво може сягати 20% від величини всієї енергетичної ємності отриманих гранул. Досліджено, що в процесі гранулювання деревної тирси хвойних

порід величина продуктивності гранулятора значніша, ніж при гранулюванні деревної тирси листяних порід. Показники крихкості вироблених гранул підлягають певним вимогам. Якщо частка гранул з довжиною меншою 10 мм в обсязі

більша 20%, це може спричинити спікання шлакових мас в товщі для спалювання гранульованого матеріалу [42].

НУБІП України

1.3. Види грануляторів

Створена певна класифікація для прес-грануляторів [35].

- гранулятори формуючі (гранули утворюються в закритій камері);

- гранулятори видавлюючі (сировина спресовується дією сили тертя, що виникла в процесі проходження сировини через матричні фільтри).

Найбільш поширені гранулюючі пристрої, які утворюють гранули в процесі видавлювання [35].

Схеми функціонування грануляторів наведені на рис. 2.1.

НУБІП України

1.4. Новітні технології виробництва паливних гранул

Паливні гранули ще мають назву пелети – це частки сировини, що піддалися видавлюванню крізь матричні фільтри, вони мають циліндричну форму, їх довжина приблизно в два рази перевищує діаметр. Значення максимального діаметра паливних гранул - 25,4 мм (один дюйм). Продукт отриманий екструзією з великою площею поперечного перетину зазвичай називають брикетами.

Відповідно до [41], гранули з деревини повинні відповідати наступним вимогам. Поверхня гладенька без здуттів і тріщин. Діаметри грану повинні мати значення 4, 6, 8, 10 мм. Граничні значення діаметрів використовуються рідше. Показник довжини гранульованого матеріалу не повинен перебільшувати 50 мм. Запах гранул повинен бути солодкуватий з легким запахом клею. Сіруватий відтінок говорить про довготривале зберігання гранул, що знижує якісні показники. Гранули хорошої якості мають світлий відтінок. Темний колір гранул не завжди означає гіршу якість, хоча як правило неякісні гранули темного кольору. Наявність деревного пилу на гранульованому продукті говорить про крихкість останніх. Гранули, що входять до першого класу, мають діаметр 6 мм, промислові пелети для запобігання крихкості мають величину діаметра біля 10 мм [6].

НУБІП України

НУБІП України

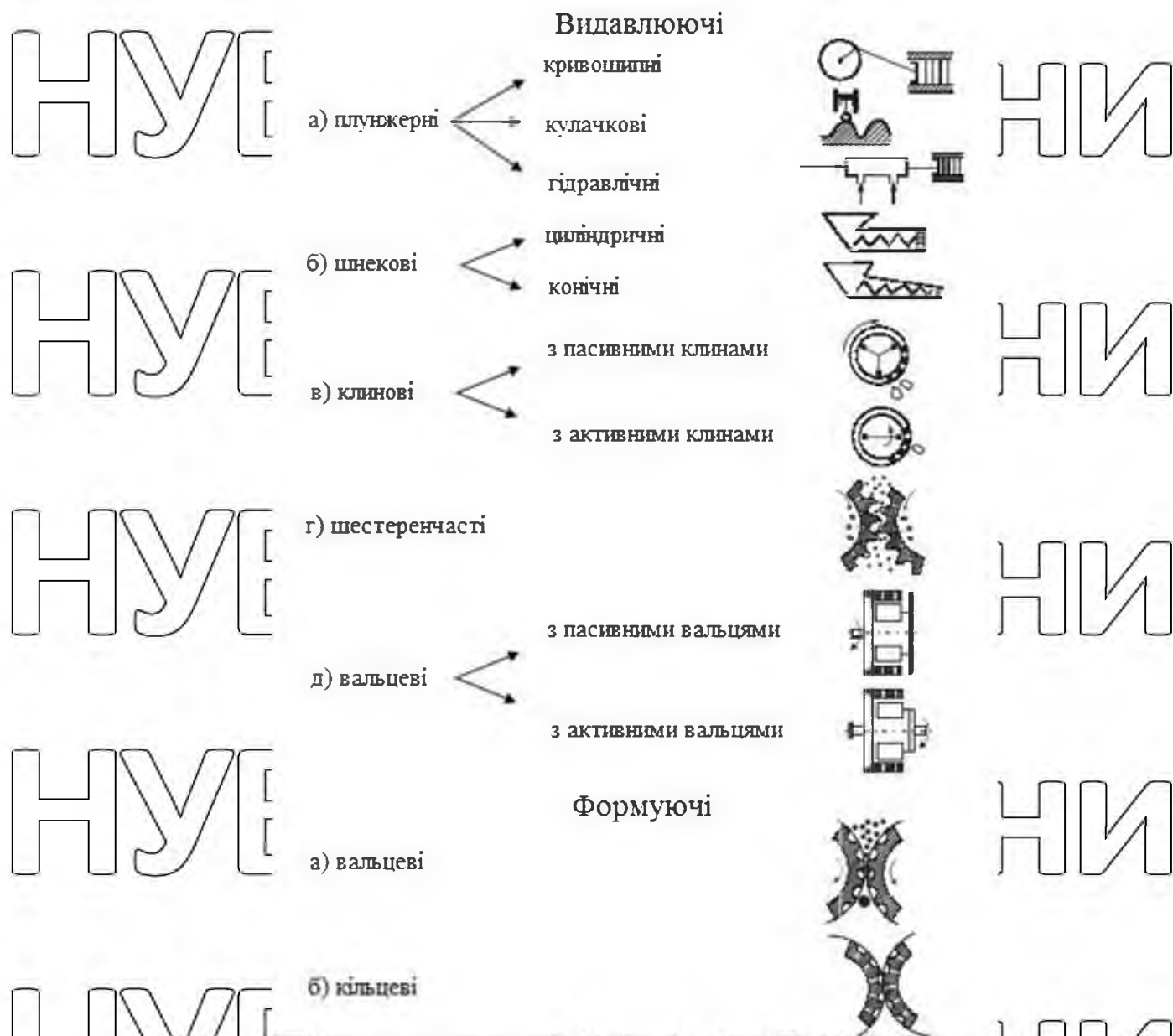


Рис. 1.1. Схематичне зображення грануляторів [35]

Технологічні процеси та режими вироблення деревних паливних гранул наступні:

1. Первинна переробка відходів деревини. Деревна сировина повинна мати певний гранулометричний склад і вологість 6-12%. Більші шматки деревних відходів подрібнюють в стружку а за наднормового значення вологості піддають сушінню. Підготовлена деревна стружка та тирса подрібнюється в молотковій дробарці до однорідного виду.

2. Кондиціонування деревних відходів. В обсяг відходів деревини перед

НУБІП УКРАЇНИ

початком процесу пресування вводиться пар і / або вода для покращення склеювання лігніну, що міститься в складі деревини. У випадку недостатньої кількості лігніну у деревній сировині (деревина осики) або при розкладанні лігніну протягом довготривалого зберігання, зклеювання гранул можна досягти додаванням в'язучих речовин в процесі подрібнення. Відповідно до нормативного документу DIN 51731 в якості в'язучої речовини допустимо додавати до 2% зернового крохмалю або ж борошна грубого помолу.

3. Пресування деревних відходів. Пресують сировину з деревних відходів в пресах матричних конструкцій. Форма матриці буває кільцевою або плоскою.

Сировина продавлюється пресуючими вальцями крізь фільтри матриць. Отримані стовпчики циліндричної форми зрізаються або обламуються на потрібній довжині.

4. Охолодження отриманого продукту. Із прес-гранулятора гранули отримуються вологі, м'які та з високою температурою (зазвичай 95-120°C). Для подальшого транспортування, зберігання, та складування гранульований матеріал необхідно охолоджувати і просушувати. При проходженні цих процесів гранульований матеріал затвердіває.

5. Просіювання паливних гранул. Проводиться для видалення дрібної фракції просіювачем. Відсіянні гранули знову надходять в гранулятор для отримання нових гранул [19].

При значенні діаметра каналу матриці 6 та 8 мм його довжина дорівнює 40-45 мм. Як зазначалось вище якість пелет меншого діаметра (6 мм) краща, ніж пелет діаметром 8 мм. В процесі виробництва рекомендується додавати в тирсу на початку гранулювання певний обсяг пару або води, але деякі виробники цю рекомендацію вважають спірною.

Технологія отримання гранульованого деревного палива ідентична технології отримання гранульованих комбикормів та трав'яного вітамінного борошна.

Пелети отримують без додавання клеєвих добавок, не зважаючи на рекомендацію застосовувати в якості зв'язуючої речовини борошно грубого помолу. Реко-

мендують також додавати в процесі отримання пелет сполуки високомолекулярних пластифікаторів - зв'язуючих органічних речовин, дозволяючих зменшувати тиск під час проходження через пресуючі канали та покращити характеристики згорання гранул [41].

Для пресування деревної сировини та рослинних решток теперішнього часу найпоширеніші пресуючі машини - це прес-гранулятори з кільцевою конструкцією матриці та двома пресуючими вальцями. Ці апарати відносяться до механізмів безперервної дії. Під час роботи у них відсутній холостий хід, постійна швидкість руху робочих вузлів, що дозволяє зменшувати силу інерції до мінімуму, що зменшує і масу вузлів апарату. Конструктивно робочі органи відносно прості для виробництва. Можна зробити висновок щодо перспективності пресуючих вузлів цієї конструкції для процесу гранулювання деревної тирси. Слід зазначити, що під час процесу гранулювання деревної тирси продуктивність машини нижча в 2-3 рази, ніж при гранулюванні комбікормів [19].

Для отримання гранул з рослинних решток (лущиння, соломки, елеваторних відходів, костриці льону) для отримання пелет застосовують роторні преса з круглими або плоскими матрицями [12].

У пресах, комплектованих матрицями круглої форми (рис. 1.2) безпосередній пресуючий вузол - це матриця в формі кільця, яка кріпиться в тримачах, з пресуючими вальцями, розміщеними всередині. Процес у цьому випадку проходить двома способами: обертається матриця, а спарені вальці закріплені в середині нерухомо або навпаки - нерухома матриця, а блок вальців обертається. Основний недолік прес-грануляторів з матрицями кільцевої форми є складність її за рахунок пристрою примусової подачі матеріалу до робочої камери матриці, складність виготовлення та висока вартість, висока зношуваність вальців і матриці з причини нерівномірної та стрибкоподібної подачі матеріалу [12].

Окрім матриці з кільцевою формою все більше застосовуються механізми, оснащені плоскою матрицею (рис. 1.3). В механізмі такого типу матеріал запресується в пресувальні канали вальцями, що обертаються. Вальці прокотуються над каналом, матеріал ущільнюється в ньому а порція сировини пресується у вільні

канали. Потім в канали надходить нова порція сипучого матеріалу.

Преси, оснащені матрицею з плоскою формою мають просту конструкцію, зручні при використанні та обслуговуванні, мають значний термін безаварійного використання та не складну технологію виготовлення матриць. Конструктивно

матричні канали виконуються як з постійним так і з перемінним перетином. Заді-

юючи канали зі змінним перетином в процесі пресування сировини, нагрівається сам корпус матриці, що дозволяє змінити реологічні параметри сировини, що піддається грануляції - робити їх максимально пластичними, що дозволяє знизити

енерговитрати при отриманні гранульованого матеріалу в цілому. Нагрівання ма-

триці під час пресування крізь її канали деревної тирси призводить до різкого падіння значень питомих тисків зі збереженням високих показників міцності та щільності отриманих циліндричних гранул [12].

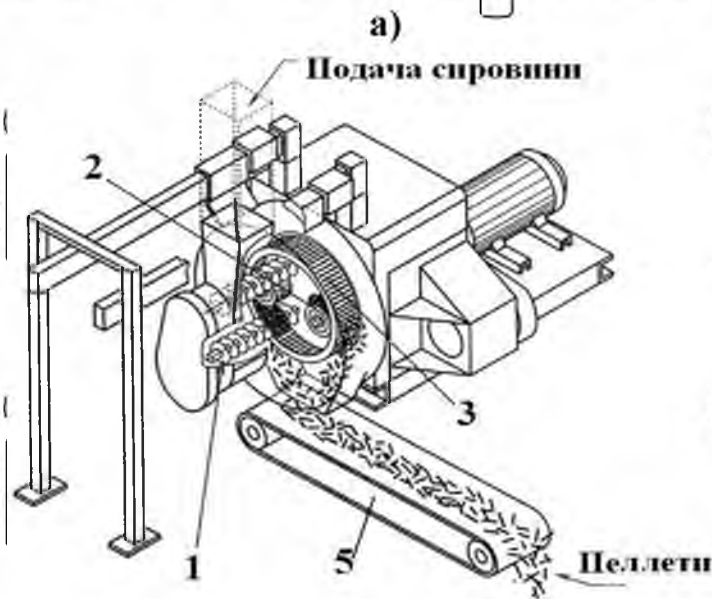


Рис. 1.2. Схема роботи гранулюючого пристрою з матрицею круглої форми [14]: а – загальний вигляд гранулюючого пристрою; б – матриця круглої форми.

в – схема роботи матриці; 1 – шнек нагнітання сировини; 2 – валець; 3 – матриця круглої форми; 4 – ніж; 5 – стрічковий транспортер

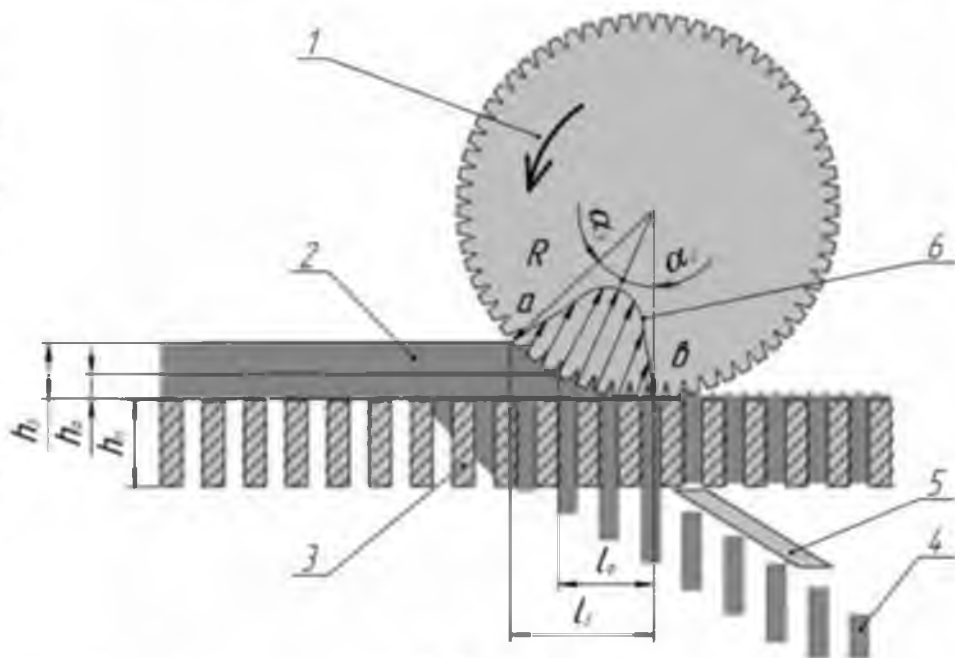


Рис. 1.3. Схема процесу продавлювання деревної сировини крізь матричні фільтри [12]. 1 – валець; 2 – підготовлена сировина; 3 – матричні фільтри; 4 – отримані гранули; 5 – ніж; 6 – розпроділ напруг (тенора).

Висновки до розділу 1

При виробництві деревних паливних гранул сировина подрібнюється, сушиться, змішується з водою і ущільнюється; отримані паливні гранули просіюються, охолоджуються і фасуються. Виготовляються деревні паливні гранули екструзією через фільтри матриць подрібненої до величини 0,5-1 мм сировини з вологістю 10%; матриць є кільцевими і плоскими.

РОЗДІЛ 2.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАНУЛЯТОРА В ЛІНІЇ ГРАНУЛОВАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ КОМПАНІЇ «WOODMART» (М. ВАСИЛЬКІВ)

2.1. Характеристика компанії «Woodmart»

Компанія «Woodmart» розміщена в м. Васильків і займається переробкою деревної сировини з виготовленням виробів з неї (стовпів, баясин, ніжок, наверхів, заглушок тощо.), погонних виробів (дошка для підлоги, вагонка, блок-хаус тощо), які надходять в торгові мережі будівельних супермаркетів України [18; 23].

Кожного місяця на деревопереробному підприємстві переробляється 1500 м³ деревної сировини (зазвичай, сосни) [18; 23]. Оскільки показник щільності сосни дорівнює 480 кг/м³, то кожного місяця на фабриці переробляється $1500 \cdot 480 = 720000$ кг (720 т) сировини з деревини.

При первинній переробці деревної сировини отримуємо 15% шматкових відходів - рейки, горбиль, торці та 10% відходів у вигляді деревної тирси [11, с. 29]. Отже, при виробництві бруса та дошки залишаються наступні відходи:

- тирса – $720 \cdot 0,1 = 72$ т/місяць;
- торці, обапл, рейки – $720 \cdot 0,15 = 108$ т/місяць.

в компанії «Woodmart» отримується $72 + 108 = 180$ т/місяць, з яких можна отримати пелети. Знаючи, що в місяці 24 робочі дні а робочий день триває 8 годин, значення продуктивності гранулятора становитиме:

$$\frac{180}{24 \cdot 8} = 0,94 \text{ т/год.}, \text{ або } 940 \text{ кг/год.}$$

2.2. Методика конструктивно-технологічного розрахунку параметрів

гранулятора для виготовлення деревних паливних гранул

2.2.1. Методика конструктивно-технологічного розрахунку параметрів

гранулятора із кільцевою матрицею

Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів гранулятора такий:

1. Знаходимо значення осевого максимального тиску пресування сировини з основного рівняння пресування [21]:

$$P_{\max} = C \cdot e^a \cdot (\rho_{\max} - \rho_2), \quad (2.1)$$

де P_{\max} – значення осевого максимального тиску пресування сировини, МПа; e –

показник основи натурального логарифму; C – периметр матеріалу, характеризуючий його опір стисненню та його структурно-механічні властивості, встановлюється експериментом, МПа; a – периметр матеріалу, характеризуючий його опір ущільненню та його структурно-механічні властивості, встановлюється експериментом,

$\text{м}^3/\text{кг}$; ρ_{\max} – значення величини максимальної щільності пелет, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_2 – значення щільності сировини, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Значення величини максимальної щільності пелет ρ_{\max} обираємо з наступної умови. При проштовхуванні спресованої сировини крізь фільтеру при зниженні значення опору проштовхуванню, відбувається розширення матеріалу, внаслідок чого зменшується величина його щільності. Тому щільність сировини, що входить в канали, є максимальною і становить [21]:

$$\rho_{\max} = b \cdot \rho_1, \quad (2.3)$$

де b – показник; ρ_1 – відоме значення щільності пеллет, $\text{кг}/\text{м}^3$.

2. Значення величини діаметра каналу пресування d_k менша ніж величина

діаметра пелет d_p , які утворилися під час гранулювання, з цієї причини при виході спресована гранула розширюється. Величина діаметра пресувального каналу матриці визначається з формули [21]:

$d_k = \frac{d}{c}$, (2.4)

де d_k – величина діаметра пресувального каналу матриці, м; d_l – значення діаметра пелет, м; c – коефіцієнт, характеризуючий розширення матеріалу, що підлягає пресуванню, після виходу із каналу пресування.

3. Площу перетину матричної фільери визначаємо формулою:

$S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}$, (2.5)

де S_k – площа перетину матричної фільери, м²; d_k – діаметр матричної фільери, м.

4. Знаходимо довжину матричної фільери з виразу [21]:

$l = \frac{d_k}{4 \cdot \xi \cdot f} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{m-1} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{m-1}}} \right)$, (2.6)

де ξ – величина бокового тиску матеріалу, м f – величина тертя матеріалу на стінки матричного каналу, m – коефіцієнт, характеризуючий сировину.

5. Визначаємо величину площі робочої площини матриці з виразу [21]:

$S_2 = 2 \cdot B_m \cdot R_m \cdot \pi$, (2.7)

де S_2 – величина площі робочої площини матриці, м²; R_m – значення внутрішнього радіуса матриці, м.

6. Знаходим число пресувальних фільер за формулою:

$Z = \frac{S_2 \cdot K_n}{S_k}$, (2.8)

де Z – число пресувальних фільер; K_n – величина коефіцієнта, характеризуючого перфорацію матриці.

7. Обираємо окружну швидкість матриці відповідно до умови

$$n_{\min} < n_m < n_{\max} \quad [21].$$

Величина мінімальної окружної швидкості матриці знаходимо з формули

[21]:

$$n_{\min} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{R_m \cdot \sin \varphi}}, \quad (2.9)$$

де n_{\min} – величина мінімальної окружної швидкості матриці, с^{-1} ; φ – величина кута тертя матеріалу по поверхні вальця, рад.

Величину максимальної окружної швидкості матриці знаходимо з виразу

[21]:

$$n_{\max} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_p}{2 \cdot d_1 \cdot (1 + R_m) \cdot \rho_{\max}}}, \quad (2.10)$$

де n_{\max} – величина максимальної окружної швидкості матриці, с^{-1} ; σ_p – показник, що характеризує міцність паливних пелет на розрив, Па.

8. Визначаємо продуктивність прес-гранулятора з виразу [21]:

$$q = 2 \cdot \pi \cdot H \cdot R_m \cdot d_k \cdot n_m \cdot Z \cdot z \cdot \rho_2, \quad (2.11)$$

де q – значення продуктивності прес-гранулятора, кг/с ; H – висота шару сировини, що пресується, який захоплює валець в процесі пресування, м; z – кількість вальців, шт.

9. Знаходимо значення швидкості проходження спресованого матеріалу крізь фільтру матриці v_{np} з залежності [21]:

$$v_{np} = \frac{n_m \cdot Z \cdot H \cdot \rho_2}{\rho_{\max}}, \quad (2.12)$$

де v_{np} – значення швидкості проходження спресованого матеріалу крізь фільтру матриці, м/с .

10. Знаходимо фактичний час знаходження спресованої порції сировини в матричній фільтрі t [21] з формули:

$$t = \frac{l}{v_{np}}, \quad (2.13)$$

де t – фактичний час знаходження спресованої порції сировини в матричній фільтрі, с.

11. Знаходимо значення сили тертя, що виникає під час проходження монолітної маси по каналу F [21]:

$$F = f \cdot \xi \cdot P_{yn} \cdot \Pi_k \cdot l, \quad (2.14)$$

де F – значення сили тертя, що виникає під час проходження монолітної маси по каналу, Н; f – величина коефіцієнта тертя матеріалу об стінки матричного каналу пресування; P_{yn} – показник тиску на упорі, Па; Π_k – довжина перетину пресувального каналу, м;

Показник тиску на упорі P_{yn} дорівнює 0,4-0,45 від максимально допустимого [21]:

$$P_{yn} = (0,4 \dots 0,45) \cdot P_{max}, \quad (2.15)$$

де P_{yn} – показник тиску на упорі, МПа.

Довжину перетину пресувального каналу Π_k знаходимо з формули:

$$\Pi_k = \pi \cdot d_k. \quad (2.16)$$

12. Знаходимо потужність для виконання пресування. Це сума потужностей; на скидання матеріалу з площини між каналами $N_{ск}$, на стискання матеріалу вальцями $N_{ст}$ та продавлювання спресованого матеріалу по матричним фільтрам $N_{пр}$ [21].

Сума потужностей, необхідних для прощтовування спресованої сировини $N_{пр}$, розраховується як [21]:

$$N_{пр} = 10^{-3} \cdot F \cdot v_{пр} \cdot Z_{ц}, \quad (2.17)$$

де $N_{пр}$ – величина потужності, необхідної для продавлювання спресованого матеріалу, кВт; $Z_{ц}$ – число пресувальних фільтрів, в яких проходить одночасне пресування, по дузі захвату.

Кількість пресувальних каналів $Z_{ц}$, в яких відбувається одночасне продавлювання, знаходимо по виразу [21]:

$$Z_{ц} = \frac{Z \cdot z \cdot \alpha}{360}, \quad (2.18)$$

де α – значення кута процесу пресування.

Значення кута процесу пресування α знаходимо з формули [21]:

$$\alpha = \frac{\beta \cdot r_p}{R_m} \quad (2.19)$$

де β – значення кута нахилу по відношенню до лінії горизонту.

Значення кута нахилу по відношенню до лінії горизонту β визначаємо з виразу [21]:

$$\beta = \frac{\varphi}{1 - \psi_1} \quad (2.20)$$

Необхідно брати до уваги значення ККД електричного привода та втрати потужностей на пробуксовування вальців [21]:

$$N = \frac{K_b \cdot N_{np}}{0,85 \cdot \eta} \quad (2.21)$$

де N – величина сумарної потужності електричного привода гранулятора, кВт; K_b – значення коефіцієнта, описуючого втрати потужностей на пробуксовування вальців; η – ККД електричного привода гранулятора.

2.2.2. Методика визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора із кільцевою матрицею

Розрахунок клинопасової передачі відбувається виходячи з таких вихідних параметрів: показник потужності ведучого вала; величина окружної швидкості ведучого вала; величина окружної швидкості веденого вала; передаточне число для ремінної передачі; значення крутного моменту на приводному валі.

Мінімальний розрахунковий розмір діаметра меншого шківів вибирають у випадку вимог, пред'явлених до габаритів електричного приводу. В основному ж обирають із ряду стандартних значень діаметра. Обираючи величину діаметра зі стандартного ряду треба враховувати те, що шківів меншого діаметра зменшують габаритні параметри пасової передачі та збільшують кількість ременів [30].

Величину розрахункового моменту приводного вала у $T_{розр}$ визначають з

виразу [21]:

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot N \cdot \eta}{n_1} \quad (2.22)$$

де $T_{розр}$ – величина розрахункового моменту приводного вала, Н·м; N – величина потужності електричного двигуна, кВт; η – ККД електричного двигуна; n_1 – окружна швидкість ротора електричного привода, об./хв.

Значення передавального числа U не враховуючи ковзання знаходять з виразу [30]:

$$U = \frac{n_1}{n_2}, \quad (2.23)$$

де U – величина передавального числа; n_1 – окружна швидкість ротора електричного привода, об./хв.; n_2 – окружна швидкість приводного вала, об./хв.

Величина діаметра веденого шківа D_2 з враховуючи ковзання знаходимо з формули [30]:

$$D_2 = U D_1 (1 - \varepsilon), \quad (2.24)$$

де D_2 – значення діаметра веденого шківа, м; D_1 – значення діаметра ведучого шківа, м; ε – коефіцієнт, враховуючий ковзання.

Величина передавального числа U з враховуючи ковзання ε уточнюємо з формули [30]:

$$U = \frac{D_2}{D_1 (1 - \varepsilon)} \quad (2.25)$$

Перерахунок окружної швидкості приводного вала n_2 здійснюємо з формули [30]:

$$n_2 = \frac{n_1}{U} \quad (2.26)$$

Міжосьову відстань a знаходимо з виразу [30]:

$$a_{\min} = 0,55(D_1 + D_2) + h$$
$$a_{\max} = 2(D_1 + D_2) \quad (2.27)$$

де a – величина міжосьової відстані.

Розраховуємо довжину ремня по формулі [30].

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} \quad (2.28)$$

де L_p – розрахункове значення довжини ремня, м.

Розмір діаметра вала під шків знаходимо з формули:

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{T_{розр}}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (2.29)$$

де d_b – розмір діаметра вала під шків, мм; $[\tau]$ – значення допустимого напруження кручення (10-15 і 18-20 Н/мм² відповідно шківів ведучого і веденого).

Середню величину діаметра шківів знаходимо з формули [30]:

$$D_{cp} = 0,5(D_1 + D_2). \quad (2.30)$$

Визначення уточненого розміру a , з врахуванням стандартної довжини L , проводиться по формулі [30]:

$$a = 0,25 \cdot \left[L - D_{cp} \pi + \sqrt{(L - D_{cp} \pi)^2 - 2(D_2 - D_1)^2} \right] \quad (2.31)$$

Величина кута обхвату меншого зі шківів встановлюється з виразу [30]:

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \frac{D_2 - D_1}{a}, \quad (2.32)$$

де α_1 – значення кута обхвату меншого зі шківів, град.

Величину окружної швидкості знаходимо з формули [30]:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60000}, \quad (2.33)$$

де v – величина окружної швидкості, м/с.

Величину граничного окружного зусилля ремня визначаємо з виразу [30]:

$$[p] = p_0 C_\alpha C_L / C_P, \quad (2.34)$$

де $[p]$ – величина граничного окружного зусилля ремня, Н; p_0 – значення окружного зусилля, передаваного одним ремнем, Н; C_α – величина коефіцієнту, який враховує вплив кута обхвату; C_L – величина коефіцієнту, який враховує дію довжини ремня; C_P – величина коефіцієнту, який враховує режим роботи.

Величину коефіцієнта C_α , який враховує дію кута обхвату, знаходимо з залежності [30]:

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1). \quad (2.35)$$

Величину коефіцієнта C_L , що враховує вплив довжини ременя, розраховуємо з залежності [30]:

$$C_L = 0,3 \cdot \frac{L}{L_p} + 0,7. \quad (2.36)$$

Значення окружного зусилля, яке передає ремінна передача, визначається з залежності [30]:

$$P = \frac{N}{v}. \quad (2.37)$$

де P – значення окружного зусилля, яке передає ремінна передача, Н; N – значення потужності електричного привода, Вт; v – показник кутової швидкості, м/с.

Приймаючи до уваги те, що велика кількість ременів - це велика кількість канавок, а враховуючи похибки їх розмірів зрозуміло, що натягуються ремені з різними зусиллями, виникають проковзування ременів, їх зношування, а як результат - втрати потужності. Отже, рекомендується використовувати ремінні передачі з таким числом ременів, z у яких ≤ 6 [30].

Розрахункове число ременів знаходимо з виразу [30]:

$$z = \frac{P}{[p]} = \frac{7583}{1414} = 5 \text{ шт}, \quad (2.38)$$

де z – розраховане число ременів, шт.

Ширину обода шківів знаходимо з формули [30]:

$$M = (z - 1) \cdot t + 2 \cdot s. \quad (2.39)$$

Перетин спиць шківів еліптичний. Значення відношення розміру меншої вісі перетину спиці до розміру більшої вісі $a/c = 0,4 \dots 0,5$. Величина умовної висоти (велика піввісь) в перерізі спиці в розрахунковому діаметральному перерізі при допустимій напрузі для чавуна СЧ15 $[\sigma_{\text{н}}] = 30$ МПа, $a/c = 0,4$, крутному моменті T , що вимірюється в Н×мм, число спиць z визначаємо з формули [30]:

$$c = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{розр}}}{0,4 \cdot x}}, \quad (2.40)$$

де $T_{\text{розр}}$ – показник крутного моменту вала, Н·мм; c – величина умовної висоти

(велика піввісь) перерізу спиці в діаметральному перерізі шківів, мм; x – число спиць колеса, шт.

2.3. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора для виготовлення деревних паливних гранул

2.3.1. Конструктивно-технологічний розрахунок параметрів гранулятора із кільцевою матрицею

Для відходів деревопереробки значення параметра C в умовах температури пресування 90°C дорівнює $0,53 \text{ МПа}$, значення показника $a \in 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. Параметр насипної щільності тирси дерева приймаємо 340 кг/м^3 [21].

Відповідно до DIN 51732 показник насипної щільності паливних гранул обираємо 1320 кг/м^3 . Значення коефіцієнта b обираємо $1,45$ [21].

Отже знаходимо максимальну величину щільності паливних пелет ρ_{max} з виразу (2.3) і це дорівнює:

$$\rho_{\text{max}} = 1,44 \cdot 1320 = 1840 \text{ кг/м}^3,$$

а максимальне значення осевого тиску в процесі пресування з основної формули пресування (2.1) дорівнює:

$$P_{\text{max}} = 0,53 \cdot e^{0,056} \cdot (1840 - 400) = 815 \text{ МПа}.$$

Значення одного із стандартних діаметрів паливних пелет - 6 мм [40]. Величина коефіцієнта, який враховує розширення маси, що підлягає пресуванню, на виході із пресувальної фільтри c , описує їх міцність. Чим нижча величина коефіцієнта c , тим нижча міцність гранул. Для міцних гранул коефіцієнт становить $1,16$ [21].

Виходячи з цього значення діаметра пресувальної фільтри матриці d_k з виразу (2.4) становить:

$$d_k = \frac{0,006}{1,16} = 0,0054 \text{ м}.$$

Визначаємо площу перерізу пресувальної фільтри матриці з залежності (2.5)

$$S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0054^2}{4} = 0,000022 \text{ м}^2.$$

Величина коефіцієнту, описуючого боковий тиск для деревних відходів обираємо $\xi=0,75$, величина коефіцієнту, описуючого тертя матеріалу об стінки пресувальної фільтри $f=0,45$, параметр $m=2,428$ [21].

Отже довжина пресувальної фільтри з формули (2.6) становить:

$$l = \frac{0,0054}{4 \cdot 0,1 \cdot 0,45} \cdot \ln \left(\frac{1}{2,428 - 1} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1840}{450} \right)^{2,428 - 1}} \right) = 0,024 \text{ м} \approx 24 \text{ мм}.$$

Величина робочої ширини для матриці прес-гранулятора становить $B_p=125$ мм, значення внутрішнього матричного діаметра – 550 мм, величина діаметра вальців – 250 мм

Матриці для прес-грануляторів виготовлення комбікормів зазвичай виготовляють із легованої сталі 20X з наступною цементацією в термопечі для досягнення показника твердості 50 HRC (як у підшипникової сталі) на поверхні стінок та каналів що забезпечить зносостійкість під час всього часу експлуатації машини. Вальці виготовляються аналогічно [3].

Матриці для прес-грануляторів виготовлення пелет із деревної сировини виготовляються із загартованої нержавіючої сталі X46CR13 з використанням вакуумної плавки та суцільної закалки, що забезпечить виробу необхідну величину жорсткості [16]. Мартенситна нержавіюча сталь марки 1.4034 (X46CR13 за європейською класифікацією) має високу міцність і корозійну стійкість.

Маркування сталі X46CR13 читається наступним чином: X - легована сталь, в її складі присутні додаткові компоненти, що забезпечують їй такі властивості, як недопущення корозії; 46 – це кількість вуглецю в складі сплаву - 0,46%, надає міцності; Cr – вміст хрому, він має вплив на процес загартовування сплаву,

додає антикорозійних та зносостійких характеристик; 13 – вміст хрому в кількості 12,6 – 14,6%. Вуглець надає матеріалу матриці потрібну твердість (52-56 Нгс відповідно до шкали Роквелла), збільшує час експлуатації та підвищує корозостійкість [39].

З виразу (2.7) площа робочої матричної поверхні становить:

$$S_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,125 \cdot 0,25 = 0,189 \text{ м}^2.$$

Приймаємо величину коефіцієнта перфорації для матриці прес-гранулятора $K_n = 0,64$ [21].

Отже число пресувальних фільтр матриці з виразу (2.8) становитиме:

$$Z = \frac{0,189 \cdot 0,64}{0,000021} = 5730 \text{ шт.}$$

Оскільки значення кута тертя матеріалу по поверхні вальця φ становить 0,88 рад [21], величина мінімальної швидкості обертання матриці з залежності (2.9) буде:

$$n_{\min} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,82}{0,25 \cdot \sin 0,88}} = 1,13 \text{ с}^{-1}.$$

Обираємо значення показника міцності пелет на розрив $\sigma_p = 1,7$ кПа [21]. З формули (2.10) знаходимо мінімальну швидкість обертів матриці і вона буде:

$$n_{\max} = \frac{1700}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 0,006 \cdot (0,023 + 0,25) \cdot 1880}} = 2,68 \text{ с}^{-1}.$$

Виходячи з вимоги, що $n_{\min} < n_m < n_{\max}$ величину швидкості обертання матриці n_m обираємо максимальну і рівну $2,68 \text{ с}^{-1}$ (160 об/хв.).

Встановлюємо товщину шару матеріалу, яку захоплює валець в процесі пресування H , це близько 0,0035 мм. Враховуючи ці дані продуктивність прес-гранулятора з виразу (2.11) становитиме:

$$q = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0000029 \cdot 0,052 \cdot 0,245 \cdot 2,68 \cdot 5730 \cdot 2 \cdot 340 = 0,25 \text{ кг/с, або}$$

$$0,25 \cdot 3600 = 950 \text{ кг/год.}$$

Знаходимо значення швидкості проходження спресованої маси крізь матричні фільтри v_{np} з виразу (2.12):

$$v_{np} = \frac{3,69 \cdot 5730 \cdot 0,0000029 \cdot 340}{1840} = 0,009 \text{ м/с.}$$
 Визначаєм фактичний період перебування спресованої сировини в матричній фільтері t з виразу (2.13):

$$t = \frac{0,024}{0,009} = 2,62 \text{ с.}$$
 Значення тиску на упорі P_{yn} дорівнює 0,40-0,45 від максимального значення [21]. Тоді з виразу (2.15) він становитиме:

$$P_{yn} = 0,43 \cdot 815 = 368 \text{ МПа,}$$

Довжина периметра пресувальної фільтери матриці l_k за виразом (2.16) дорівнюватиме:

$$l_k = 3,14 \cdot 0,0054 = 0,018 \text{ м}^2.$$

Тоді значення сили тертя від руху монолітного шару сировини по фільтері F з залежності (2.14) становитиме:

$$F = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 366 \cdot 10^6 \cdot 0,018 \cdot 0,024 = 7045 \text{ Н.}$$

Значення кута розміщення направляючих до горизонту β з формули (2.20) дорівнюватиме:

$$\beta = \frac{45}{1 - 0,45} = 87,0^\circ.$$

Значення кута пресування α знаходим з залежності (2.19) і він становитиме:

$$\alpha = \frac{87,0 \cdot 0,11}{0,245} = 42,2^\circ.$$

Кількість пресувальних фільтер Z_{ϕ} , пресування в яких відбувається одночасно, з формули (2.18) дорівнює:

$$Z_{\phi} = \frac{5730 \cdot 2 \cdot 42,2}{360} = 1340 \text{ шт.}$$

Потужність для проштовхування спресованої сировини кріз канали N_{np} , з виразу (2.17) становитиме:

$$N_{np} = 10^{-3} \cdot 7035 \cdot 0,0088 \cdot 1340 \leq 85 \text{ кВт.}$$

Потужність для стискання матеріалу вальцем N_{cm} та для скидання її з площин між каналами $N_{ск}$ дорівнює близько 15% від сумарного значення потужностей (потужності для стискання сировини, для скидання з площин між каналами, для проштовхування). Тобто, значення сумарної потужності для роботи прес-гранулятора дорівнюватиме $N_{пр}/0,85$ [34].

Величина коефіцієнту, який враховує втрати потужності при пробуксовуванні вальців K_6 рекомендується обирати 1,25, а ККД електричного привода гранулятора для пасової передачі $\eta=0,91-0,96$ [21].

Отже, величина сумарної потужності на виконання процесу гранулювання з виразу (2.21) дорівнюватиме:

$$N = \frac{1,25 \cdot 83,8}{0,85 \cdot 0,94} = 129,8 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо, що проектуємий гранулятор буде приводитись в дію двома електродвигунами, потужність кожного з них не повинна бути меншою за $\sim 130/2=65$ кВт. Найбільш задіяними та найдешевшими вважаються асинхронні електродвигуни з серії 4А. Окружна швидкість їх роторів 161 об/хв. Матриця прес-гранулятора буде приводитись в дію електричним двигуном за допомогою клинопасової передачі. Важливо обрати електродвигун з найбільшою швидкістю обертання ротора. Як відзначалося вище, величини передавальних чисел для пасових передач, що забезпечать функціонування гранулятора ГТ-500, перебуває в межах 5-6. Отже, чим менший показник окружної швидкості вала електричного двигуна, тим менше передавальне число для проектування пасової передачі, а це зумовлює зменшення діаметра шківів.

Отже, частота обертів вала двигуна – 500 об/хв.

Для привода в дію гранулятора обираємо електродвигун марки 4А315S12У3, величина потужності якого 77 кВт, а частота обертання – 650 об/хв., ККД якого становить 92%. Вага обраного двигуна дорівнює 880 кг [17].

Приєднувальні та габаритні дані електричного двигуна 4А315S12У3 показані на рис. 2.1 і в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Габаритно-приєднувальні параметри електричного двигуна 4А315S12У3 [17]

l_{30}	h_{31}	d_{30}	b_{31}	l_1	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_{10}	h
1257	765	682	546	162	406	214	96	28	504	876

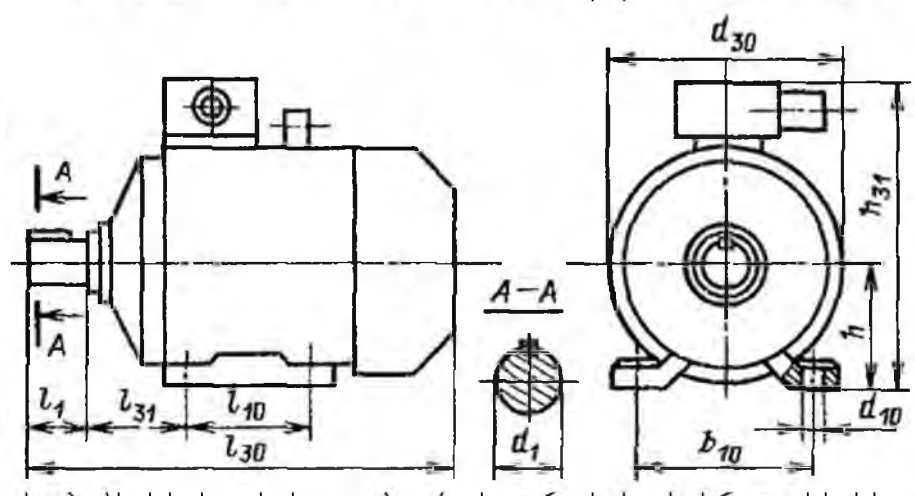


Рис. 2.1. Приєднувальні та габаритні розміри електричного двигуна 4A315S12Y3 [17]

2.3.2. Визначення параметрів пасової передачі приводу електричного двигуна гранулятора із кільцевою матрицею

Величину розрахункового моменту приводного вала у $T_{розр}$ знаходимо з виразу (2.22):

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot 77 \cdot 0,92}{620} = 1096 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Відповідно зі значенням розрахункового моменту приводного вала з [8, 30] знаходимо параметри паса (для забезпечення його довговічності приймаємо шків більший на 1-2 типорозміри): пас типу – Г, $D_1=318$ мм, величина допустимого моменту – 440-2500 Н·м; $b=34$ мм; $b_e=26$ мм; $h=18$ мм; $y_0=6,9$ мм; $F=475 \text{ мм}^2$ корд – тканинний $\varepsilon=0,022$ (рис. 2.2).

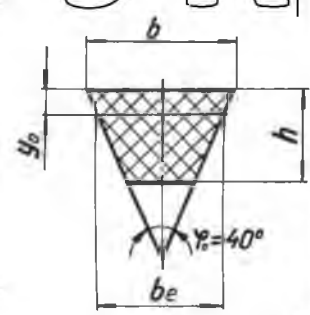


Рис. 2.2. Переріз клинового паса [30]

Конструктивні дані канавок шківів представлені на рис. 2.3 та в табл. 2.2.

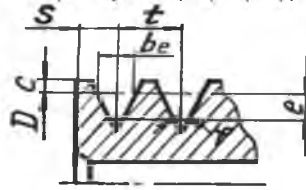


Рис. 2.3. Параметри канавок для пасів клинового перерізу типу Г [30]

Таблиця 2.2

Конструктивні характеристики канавок для клинових пасів нормального перерізу (в мм)

Тип шківів	c	e	t	s	h ₁
Г	8,22	20,2	37,4	24,6	19,6

Знаходимо величину передавального числа U , без врахування ковзання з виразу (2.23):

$$U = \frac{600}{162} = 3,9$$

Знаходимо величину діаметра D_2 для веденого шківів з урахуванням відносного ковзання з формули (2.24):

$$D_2 = 3,9 \cdot 316 \cdot (1 - 0,022) = 1152 \text{ мм,}$$

В [30] знаходимо найближчий стандартний розмір D_2 , який дорівнює 1182 мм.

Уточнюємо значення передавального числа U враховуючи ковзання, ε по формулі (2.25)

$$U = \frac{1152}{316 \cdot (1 - 0,022)} = 3,86$$

Проводим перерахунок окружної швидкості приводного вала n_2 з виразу (2.26):

$$n_2 = \frac{600}{3,86} = 155 \text{ об/хв.}$$

Знаходимо відстань між осями a по формулі (2.27):

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (316 + 1152) + 18 = 842 \text{ мм}$$

$$a_{\max} = 2 \cdot (316 + 1152) = 2992 \text{ мм}$$

Знаходимо найближче до середнього значення, воно дорівнює 1917 мм.

Необхідна довжина паса розраховується формулою (2.28):

$$L_p = 2 \cdot 1917 + \frac{\pi}{2} (315 + 1152) + \frac{(315 + 1152)^2}{4 \cdot 1917} = 4442 \text{ мм.}$$

Необхідну довжину паса обираємо із нормалізованого ряду – 4550 мм.

Значення діаметра вала ведучого шківів знаходимо з формули (2.29) і він становитиме:

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{1096}{0,2 \cdot 10}} = 8,0 \text{ мм.}$$

Значення діаметра вала веденого шківів знаходимо з формули (2.29) і він становитиме:

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{1096}{0,2 \cdot 16}} = 6,8 \text{ мм.}$$

Знаходимо середнє значення діаметра шківів з виразу (2.30):

$$D_{cp} = 0,5(D_1 + D_2) = 0,5 \cdot (316 + 1182) = 746 \text{ мм.}$$

Уточнюємо величину a з урахуванням стандартної довжини L з залежності

(2.31):

$$a = 0,25 \sqrt{4550 - 746 \cdot 3,14 + \sqrt{(4550 - 746 \cdot 3,14)^2 - 2 \cdot (1182 - 316)^2}} = 982 \text{ мм.}$$

Знаходимо величину кута обхвата меншого із шківів по формулі (2.32):

$$\alpha_1 = 180 - 57,4 \cdot \frac{1182 - 316}{982} = 128^\circ.$$

Знаходимо значення окружної швидкості з виразу (2.33):

$$v = \frac{3,14 \cdot 316 \cdot 620}{60000} = 9,8 \text{ м/с.}$$

Із [30] технікою інтерполяції знаходимо величину окружного зусилля p_0 , передаваного одним клиновим пасом, при $u=1$ та значенні довжини L_0 . Величина окружного зусилля p_0 дорівнюватиме 1660 Н.

Значення коефіцієнта, враховуючого кут обхвату C_a , знаходимо з формули (2.35):

$$C_{\alpha} = 1 - 0,0029 \cdot (182 - 128) = 0,84.$$

Значення коефіцієнта, враховуючого вплив довжини ремня C_L , визначаємо з формули (2.36):

$$C_L = 0,3 \cdot \frac{4500}{4438} + 0,72 = 1,1.$$

Значення показника режиму роботи C_P знаходимо в [30]. За режиму стабільного навантаження його значення дорівнює 1.

Тоді визначаємо допустиме окружне зусилля з формули (2.34) для одного паса дорівнюватиме:

$$[P] = \frac{1662 \cdot 0,84 \cdot 1,0}{1,0} = 1416 \text{ Н}$$

Розрахунок значення окружного зусилля, передаваного пасовою передачею, проводим за виразом (2.37):

$$P = \frac{74 \cdot 1000}{9,8} = 7585 \text{ Н.}$$

Визначаємо число пасів по формулі (2.38):

$$z = \frac{7585}{1416} = 5 \text{ шт.}$$

Шків виконані зварюванням деталей, виготовлених зі сталі Ст 3 [8].

Розмір ширини обода шківа з виразу (2.39) дорівнює:

$$M = (5 - 1) \cdot 22,4 + 2 \cdot 18 = 125 \text{ мм.}$$

До деталей зварного шківа ведучого вала належить диск, товщина його визначається відповідно до діаметра вала двигуна – 92 мм і дорівнює $e = 0,3 \cdot 92 = 28$ мм.

У площині диска виконуються технологічні отвори, які зменшують масу деталі.

Знаходимо розмір діаметра маточини ведучого шківа $d_{mat} = 1,6 \cdot 92 = 154$ мм.

Розмір довжини маточини l знаходимо відповідним до розміру діаметра вала [30] – 86 мм.

Модель шківа для веденого вала – зі спицями. Визначено, що діаметр

шківа більший 500 мм, тому обираємо 6 шпиць. Форма перерізу спиці – еліптична.

Для визначення розмірів спиць визначаємо розрахункове значення моменту веденого валу $T_{розр}$ з формули (2.22):

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot 74 \cdot 0,92 \cdot 0,94}{158} \cdot 1000 = 3988136 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Розміри спиці у основі зовнішнього діаметра шківа становлять: $c_0 = 0,8 \cdot a_0 = 0,8 \cdot a$.

Умовне значення (великої напіввісі) перетину спиці в точці умовного діаметрального перетину шківа у місці приєднання до маточини з виразу (2.40) дорівнюватиме:

$$c = \sqrt[3]{\frac{3988136}{0,4 \cdot 6}} = 118,44 \text{ мм}.$$

Розмір меншої піввісі спиці у місці приєднання до маточини дорівнює: $a = 0,5 \cdot 95,74 = 47,56 \text{ мм}.$

Розміри спиці у місці приєднання до зовнішнього діаметра шківа становить:

$$c_0 = 0,8 \cdot 118,44 = 94,85 \text{ мм},$$

$$a_0 = 0,8 \cdot 47,56 = 37,91 \text{ мм}.$$

$$\text{Висота спиці становитиме } i = h_1 + 0,03 \cdot M = 14,0 + 0,02 \cdot 136 = 16 \text{ мм}.$$

Значення діаметра маточини для веденого шківа за $d_a = 122 \text{ мм}$ дорівнює $d_{мат} = 2 \cdot 122 = 230 \text{ мм}$. Параметр довжини маточини l в залежності від значення діаметра валу обираємо із [30] – 160 мм.

Висновки до розділу 2

1. Гранулятор з кільцевою матрицею в Компанія «Woodmart» (м. Васильків) має такі конструктивно-технологічні параметри:

– продуктивність гранулятора – 950 кг/год.;

– діаметр гранул – 6 мм;

– довжина фільтри – 24 мм;
– ширина ролика і матриці – 125 мм;
– зовнішній діаметр пресуючого ролика – 125 мм;

– внутрішній діаметр матриці – 550 мм;

– кількість фільтри у матриці – 5730 шт.;
– кількість пресуючих роликів – 2 шт.;
– частота обертання матриці-гранулятора – 160 об./хв.

2. Гранулятор приводиться в дію від двох електродвигунів 4A315S12У3 із потужністю 77 кВт на кожен із частотою обертання 660 об./хв. через клинопасову передачу із такими конструктивними параметрами:

– передавальне число – 3,9;
– діаметр ведучого шківa D_1 – 316 мм;

– діаметр веденого шківa D_2 – 1152 мм;

– зварні шківи із сталі Ст3,
– тип пасу – Г,
– довжина пасу – 4442 мм;

– кількість канавок під ремені на шківі – 5 шт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ НАЛІВНИХ ГРАНУЛ З ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ

3.1. Конструкція калориметра

Роботи з експериментальних досліджень теплоти згоряння пелет з деревної сировини виконуються на лабораторному калориметрі на кафедрі теплотехніки

НУБіП України, що відповідає ДСТУ ISO 1928:2006 (ISO 1928:1995) "Палива

тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згоряння методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згоряння". Теплота згоряння встановлюється за підвищенням температури води.

Складові калориметра (рис. 3.1) наступні: кожух 3 який має подвійні стінки.

Простір між ними заповнений масою, здатною зберігати внутрішній обсяг від непередбачених температурних коливань повітря приміщення. В середині ємності на ізолюючій підставці розміщена калориметрична посудина 2, до якої крізь

кришку 5 пропущена мішалка 6 та вимірювач температури із змінним або постійним наповненням 4 ціна поділок якого $0,01^{\circ}\text{C}$. В дію мішалку приводить електричний двигун 7. В калориметричну посудину додають лише певну кількість води. В воді, на дні посудини 2, встановлюється калориметрична бомба I. Конструкційне виконання калориметричної бомби показано на рис. 3.2.

Калориметрична бомба - це циліндрична товстостінна посудина 1, виконана з нержавіючої сталі, закрита кришкою 3, яка затягується накидною гайкою 2.

Кришка бомби обладнана двома клапанами для впуску 7 і для випуску 6 газів. Клапан впуску з'єднується з трубкою 8, яка не доходить до дна ємності бомби

15-20 мм. Випускний клапан разом з трубкою ізолюваний від корпусу втулкою. В кришці з внутрішнього боку розміщується струмопровідний штифт 9, на його

кінці закріплене металеве кільце 5, в яке встановлюється тигель 10.

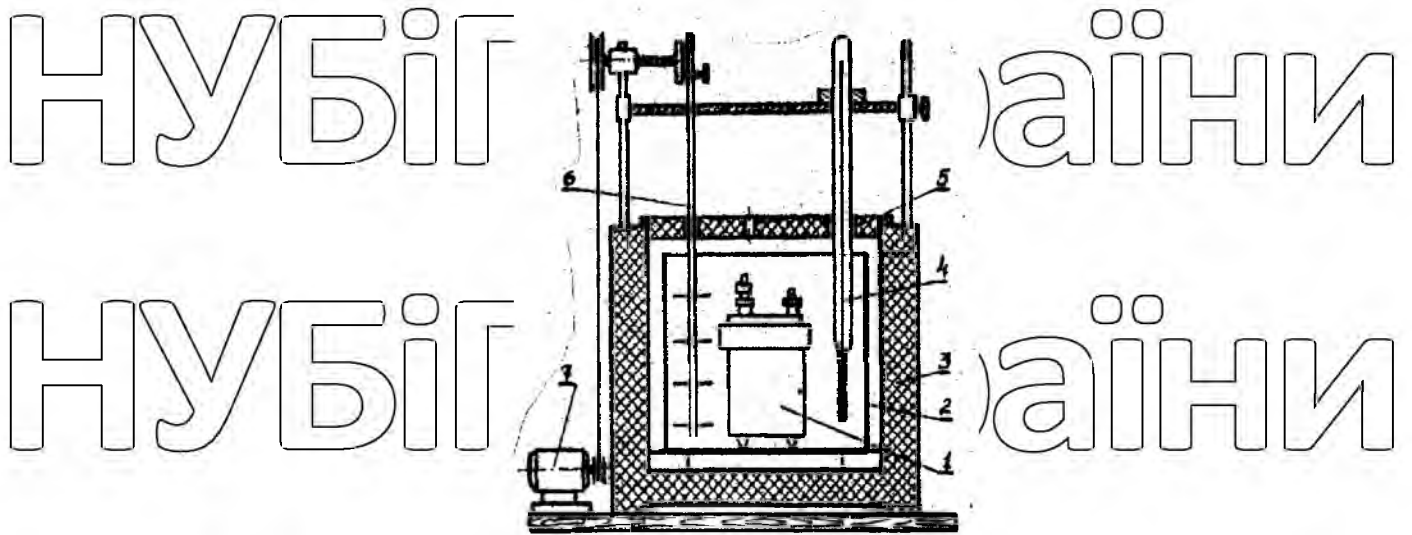


Рис. 3.1. Конструкція лабораторної калориметричної установки: 1 – калориметрична бомба; 2 – корпус калориметра; 3 – кожух; 4 – термометр; 5 – кришка; 6 – механічний перемішувач, 7 – електродвигун

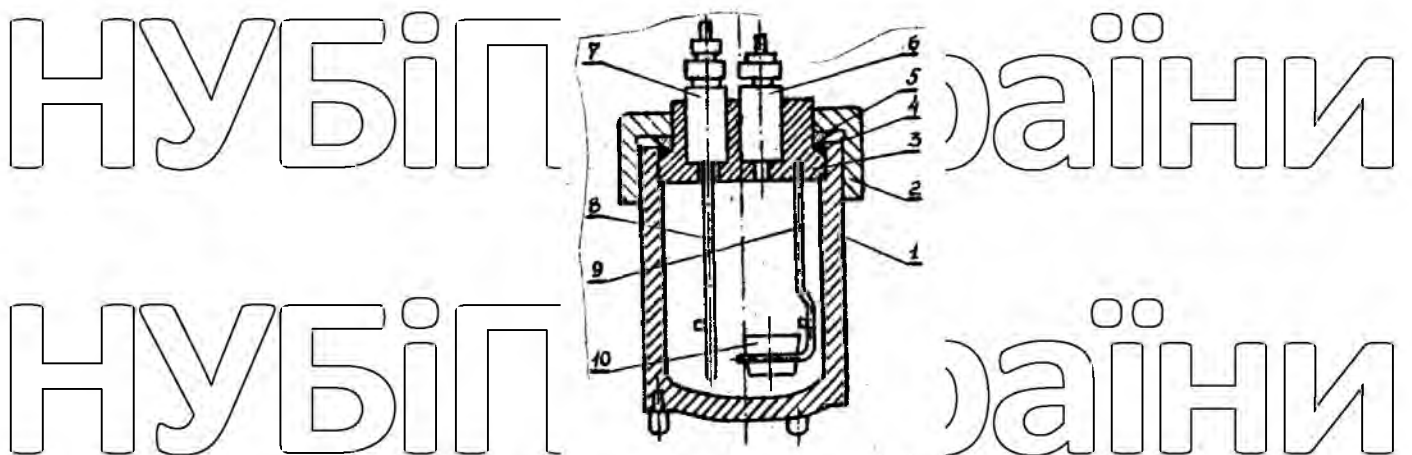


Рис. 3.2. Конструкційна схема калориметричної бомби: 1 – товстостінна циліндрична ємність; 2 – накидна гайка; 3 – кришка; 4 – ущільнення кільцеве; 5 – кільце металеве; 6, 7 – впускний і випускний клапани; 8 – металева трубка; 9 – штифт струмопрвідний; 10 – тигель

На дно ємності бомби заливають дистильовану воду - 1,0 мл.

Паливо підпалюють запалом, який загоряється в кисневій атмосфері під час подачі струму напругою 8-12 В. Провідники для запалювання, що ідуть від трансформатора, приєднуються: один – до впускного клапана, інший – до

випускного.

Наважку налива та запал кладуть в тигель 10 на прожарений волокнистий азбест. Запал - це дрiт завдовжки 12 см. Кiнцi цього дроту пiд'єднують до виступiв на штифти та впускнiй трубi, пiдтримуючiй тигель. Ущiльнювальне гумове кiльце 4 необхiдне для забезпечення герметичностi бомби.

Зi збiльшенням тиску кришка пiднимається вгору i тисне на гумове кiльце

3.2. Програма та методика експериментальних дослiджень

Програмою експериментальних дослiджень процесу згорання паливних гранул з деревного матерiалу є встановлення характеристик їх теплоти згорання.

Методика експериментальних дослiдiв теплотворних характеристик паливних гранул з деревного матерiалу на калориметрi [2].

1. Пiдготовка наважки дослiджуваного матерiалу. Необхiдно подрiбнити паливнi гранули в порошок. Спочатку зважують тигель, пiсля цього наважку палива (0,9-1,5 г) разом з тиглем. Для забезпечення точностi зважування запалу зважують спiльно 10-15 запалiв на аналітичних вагах. Пiсля чого обчислюють середню масу одного запалу.

2. Пiдготовка калориметричної бомби. Спочатку переконаються в комплектносцi кришки бомби i склянка повинна мати один номер. Мiрним цилiндром або пiпеткою набирають 1 мг дистильованої води i вливають її до калориметричної бомби. Наважку дослiджуваного матерiалу опускають в тигель, кiнцi запалу з'єднують з виступами контактiв, а центральну витягнуту його частину заглиблюють у паливний порошок. Кришку бомби обережно зiмають з пiдставки, встановлюють на склянку, нагвинчують накладну гайку до упору. Випускний клапан затягується ключем. Штуцер кисневої трубки щiльно приєднують до випускного клапана на кришцi. Бомбу наповнюють киснем, повiльним поворотом вентиля редуктора та балона з киснем, одночасно спостерiгають за показниками тиску на манометрi, доводячи його до 26-30 атм, (при низькому показнику теплоти згорання палива - до 36 атм). Досягнувши потрiбного тиску закривають спочатку внутрiшнiй кран бомби,

після цього - кран балона, а в кінці - кисневопідвідну трубка.

3. Правила підготовки калориметричної бомби до проведення експерименту.
З установки знімають термометр і встановлюють в суміжну установку. З кожуха знімають кришку і відєднують мішалку, від'єднавши її штангу від приводу.

Виймають калориметричну посудину і заливають в неї визначений об'єм дистильованої води. Перевищення обсягу води не допустиме від визначеної норми - 1,0 мл. Обсяг влитої води записується. Всередині кожуха встановлюють калориметричну посудину на ізолюючу підставку й перевіряють його центрування. Бомбу виймають з підставки дуже обережно й встановлюють у воду в центрі калориметричної ємності. Рівень води повинен бути на середині гайки для кріплення вентилів. Встановлюють мішалку. Контакти бомби приєднують до провідника за-

палювання і закривають кришку кожуха. Проверяємо привод мішалки щоб переконатися в правильній його установці, перевіряємо чи нема торкання до стінок калориметричної ємності та бомби. Термометр встановлюємо в затискач таким чином, щоб ртутна кулька була занурена у воду. Вивчаємо, що показник термометра наблизений до нуля. При необхідності в термометрі регулюємо кількість ртуті. Установку вмикаємо в мережу. Запускаємо мішалку реостатом і досягаємо частоти обертання для перемішування близько 1 об/с. Даємо можли-

вість мішалці попрацювати 5-7 хв до вирівнювання температури в системі калориметра.

4. Проведення дослідження. Дослід поділяємо на три етапи:

– початковий етап – спалювання наважки; проводиться для вивчення теплообміну в системі калориметра з оточуючим середовищем за початкового значення температури випробування;

– головний етап – протягом цього етапу відбувається згоряння наважки а отримане тепло надходить до калориметричної системи;

– кінцевий етап – протягом цього етапу виконується облік теплообміну системи з оточуючим середовищем в умовах кінцевої температури випробування.

Перед почтком дослідження спостерігаємо значення температури на термометрі, щоб переконатись, що значення температури води в ємності калориметра

постійне або змінюється рівномірно. Під час початкового етапу дослідження проводиться фіксація температури одинадцять разів з інтервалом 30 с та з точністю $0,01^{\circ}\text{C}$.

Отримані результати заносяться до табл. 4.1 і записуються у перший стовпчик.

Після одинадцятої фіксації вмиають запалювання на 1-2 с та записують останній показник температури першим номером до другого стовпчика таблиці. Потім знову вмиають запалювання і це є початком головного етапу дослідження. При цьому знову продовжується відлік показників термометра з періодом 30 с до тих пір, поки

значення температури не припинить зростання. Очевидно, що на даному етапі чи-

сло періодів невідомо наперед. Повторні виміри температури повинні свідчити про те, що вона не зростає. Після перевірки температурних показників трикратно головний етап закінчується а показники вносяться у перший та третій стовпчики таблиці.

Те ж саме повторюється і на кінцевому етапі дослідження, проводяться також одинадцять послідовних вимірів з періодом 30 с і фіксацією в таблиці. Цим етапом дослідження закінчується.

5. Демонтаж установки. Зупиняємо рух мішалки, знімаємо термометр і кришку кожуха. Відєднуємо провєда запалювання. Взявши кінці контактів виймаємо з калориметра бомбу і обережно ставимо на підставку. Ключем відкри-

ваємо випускний клапан та протягом 4-5 хв дуже повільно випускаємо газ. Бомбу звільняємо від продуктів горіння, відгвинчуємо гайку, виймаємо кришку та також переносимо її на підставку. З кінців контактів знімаємо залишки від запалу

та заміряємо їх довжину в сантиметрах. Із мірної чашки видаляємо шлаки. Склянку бомби промиваємо дуже ретельно під проточною водою і витираємо насухо.

Кришку, гайку та склянку бомби розміщуємо в підставці, мішалку і калориметричну ємність розміщуємо в корпусі калориметра. Таким чином дослід закінчений.



Рис 3.3. Загальний вигляд калориметра (вид збоку)



Рис 3.4. Загальний вигляд калориметра (вид зверху)



Рис 3.5. Підключення електродів



Рис 3.6. Загальний вигляд мішалки

3.3. Методика роботи з результатами експеримента

Обробка результатів, отриманих в процесі калориметричного експеримента проводиться за виразом:

$$Q_b^a = \frac{KH[(T+h)-(T_0+h_0)+\Delta t] - \sum qb}{a}; \quad (3.4)$$

де Q_b^a – значення теплотворної спроможності, МДж/кг; K – величина еквіваленту для калориметричної установки (результати попередніх експериментів;

T – показник кінцевої температури, отриманий на головному етапі, °С; T_0 – показник початкової температури, отриманий на кінцевому етапі, °С; h – показник поправки на калібр термометра при значенні T ; h_0 – показник поправки на калібр термометра при значенні T_0 ; H – величина градуса для термометра Бекмана (в випадку використання спеціального калориметричного термометра $H=1,000$); a – маса паливної наважки, г; Δt – величина, характеризуюча поправку теплообміну калориметра з оточуючим простором; q – показник теплоти згорання запалу, кал.

Кількість теплоти при згоранні 1 г запалу 1600 кал. для металеві проволочки: нікельованої – 785 кал. для нитки з бавовни – 4000 кал.

Визначення поправки в процесі теплообміну для калориметричної системи з оточуючим простором визначаємо з формули:

$$\Delta t = \frac{V+V_1}{2} \cdot m + V_1 r; \quad (3.5)$$

де Δt – показник поправки процесу теплообміну; V – величина середньої різниці температур за пів хвилини в початковому етапі, °С; V_1 – величина середньої різниці температур за пів хвилини в кінцевому етапі, °С; m – число півхвилинних проміжків в головному етапі в умовах швидкого зростання температури, r – число півхвилинних проміжків в головному етапі в умовах повільного зростання температури.

Середнє значення показника змін температур за півхвилинний проміжок на початковому етапі V знаходимо з залежності:

$$V = \frac{t_0 - t_{10}}{n}; \quad (3.6)$$

де t_0 – початкова температура на початковому етапі, °С; t_n – кінцева температура

на початковому етапі, °C; n – кількість фіксованих показників, отриманих з періодом у півхвилини, шт ($n=10$).

Показник середньої зміни температур за 30-секундний проміжок в кінцевому етапі V_1 знаходимо по формулі:

$$V_1 = \frac{t_{30} - t_{20}}{n}; \quad (3.7)$$

де t_0 – показник початкової температури в кінцевому етапі, °C; t_n – показник кінцевої температури в кінцевому етапі, °C; n – кількість фіксації відліку з 3 півхвилинним інтервалом шт ($n=10$).

При розрахунках величин V і V_1 , для запобігання помилки в знаходженні цих значень (+, -), необхідно фіксувати кожен наступний показник, а починати потрібно з попереднього. Якщо величина наступного показника менша попереднього, значення V і V_1 отримуємо зі знаком «+», а якщо більше - із знаком «-»,

значить результат зі знаком мінус отримаємо в умовах, коли калориметрична установка бере тепло з оточення, це значення необхідно відняти від отриманих результатів дослідження.

3.4. Результати досліджень

З метою вивчення показників теплової здатності гранул з деревного матеріалу отримані наступні показники:

- маса наважки досліджуваного матеріалу – 1 кг;
- маса досліджуваного матеріалу для запала – 0,145 кг;
- показник вологості досліджуваного матеріалу – 12%;
- величина еквіваленту калориметричного обладнання $K=1647,6$;
- значення теплоти згорання запалу $q = 1610$ кал;
- величина градуса в випадку використання спеціального калориметричного термометра $H = 1,000$;
- поправочне значення h калібрування термометра при $T = 0,01$;

- поправочне значення h калібрування термометра при $T_0 = 0,002$.

Отримані результати вимірів калориметричного експерименту теплотворної здатності деревних паливних гранул наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати вимірів калориметричного експерименту теплотворної здатності деревних паливних гранул

Температура, °C		
Початковий період	Головний період	Кінцевий період
26,7	26,5	28,06
26,7	26,6	28,06
26,7	26,6	28,06
26,7	26,69	27,01
26,7	26,9	26,97
26,56	26,96	26,92
26,6	27,08	26,87
26,46	27,4	26,9
26,47	27,49	26,76
26,5	27,66	26,73
26,5	27,89	26,69
26,36	28,06	26,66

Знаходимо середню зміну температури у проміжку часу у пів хвилини для початкового періоду V_1 і він становитиме:

$$V_1 = \frac{26,7 - 26,4}{10} = 0,02.$$

Знаходимо середню зміну температури у проміжку часу у пів хвилини для кінцевого періоду V_2 і він становитиме:

$$V_2 = \frac{28,06 - 26,66}{10} = 0,03$$

Число періодів у пів хвилини в головному періоді експерименту в умовах швидкого підйому температур m становить 3, число періодів у пів хвилини в головному періоді експерименту в умовах повільного підйому температур n становить 6.

Знаходимо величину поправки процесу теплообміну калориметричної установки з оточуючим простором Δt і він становитиме:

$$\Delta t = \frac{0,02 + 0,03}{2} \cdot 3 + 0,03 \cdot 6 = 0,4^\circ\text{C}.$$

Теплота згорання деревних паливних гранул становитиме:

$$Q_o^a = \frac{1647,6 - 1 \cdot [(25,2 + 0,01) - (26,85 + 0,002) + 0,42]}{1} - 1610 \cdot 0,145 = 3185 \text{ кКал/кг}.$$

Для отримання результату в кДж/кг з кКал/кг множим отримані величину на 4,19:

$$Q_o^a = 3185 \cdot 4,19 = 13401 \text{ кДж/кг} = 13,34 \text{ МДж/кг}.$$

Теплота згорання деревних паливних гранул з показником вологості 12% становить 13,34 МДж/кг.

Висновки до розділу 3

Теплотворна здатність паливних гранул з деревних відходів становить 13,34 МДж/кг.

НУБІП України

4.1. Аналіз небезпек при виготовленні деревних паливних гранул

В процесі виконання виробничих завдань при отриманні деревних паливних гранул можуть виникати ситуації шкідливих або небезпечних виробничих моментів впливу на обслуговуючий персонал, до них відносяться [15]:

- механізми та вузли, що рухаються;
- вироби, матеріали, сировина, які необхідно транспортувати (перемішувати);
- величина напруги електромереж, за якої виникає загроза для життя людей;
- рівень шуму у випадках перевищення допустимого;
- рівень вібрації у випадках перевищення допустимого;
- показники підвищеної пожежонебезпеки;
- показники підвищеної вибухонебезпеки.

Джерелом небезпечних та шкідливих факторів можуть бути наступні моменти [15]:

- підвищений показник напруги – під час роботи електричних мереж та електричного устаткування;
- підвищений показник рівня шуму – під час роботи дробарок, прес-грануляторів, просіювачів, сушарок, охолоджувачів;
- підвищені показники рівня вібрації - під час роботи дробарок, прес-грануляторів, просіювачів, сушарок, охолоджувачів;
- підвищені показники рівня пожежонебезпеки – можливе самозаймання деревного пилу або вироблених гранул;
- підвищені показники рівня вибухонебезпеки – можливий вибух деревного пилу.

Аналіз можливих виробничих небезпек під час процесу вироблення гранул

та та способи їх недопущення показані в табл. 4.1.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 4.1
Перелік небезпек при експлуатації гранулятора, можливі наслідки та заходи запобігання небезпечним ситуаціям

Найменування технологічного процесу	Небезпечна умова	Виробнича безпека		Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
Виготовлення деревних паливних гранул	<ol style="list-style-type: none"> 1. Висока запиленість 2. Висока запиленість 3. Відсутній захист на обертових частинах гранулятора 4. Недостатня освітленість робочого місця 5. Підвищений рівень шуму і вібрації 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вдихання працівником дрібнодисперсного пилу 2. Використання працівником відкритого полум'я 3. Знаходження працівника у зоні дії деталей гранулятора, що обертаються 4. Перебування працівника у зоні поганого освітлення 5. Перебування працівника у зоні високої вібрації та шуму 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Працівник перебуває в місці підвищеного запилення 2. Працівник перебуває в місці підвищеного запилення із відкритим полум'ям 3. Вхідження працівника у зону впливу обертових деталей гранулятора 4. Внаслідок недостатньої освітленості робочої зони працівник не замічає наявних небезпечних факторів 5. Висока вібрація та шум негативно впливають на організм працівника 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вдихання працівником дрібнодисперсного пилу викликає виробниче захворювання 2. Травма працівника в результаті вибуху пилу 3. Виробнича травма 4. Виробнича травма 5. Професійне захворювання 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Використання ВІЗ, запуск системи аспірації 2. Запуск системи аспірації, заборона використання відкритого полум'я 3. Встановлення запобіжних кожухів на обертових частинах гранулятора 4. Збільшення рівня освітлення робочої зони до нормативного значення 5. Використання системи віброзахисту і вібродемуферування гранулятора

4.2. Інструкція з охорони праці при виготовленні деревних паливних гранул

Приписи щодо охорони праці для умов виробництва деревних паливних гранул створюються на основі вимог НПАОП 27.4-7.08-88 [15].

4.2.1. Загальні установки

Технологічні виробничі операції, використання та обслуговування апаратури та механізмів необхідно здійснювати відповідно до вимог технічної документації, розробленої в відповідності до норм, які встановлюють умови безпечного проходження виробничого процесу.

Весь набір технічного обладнання та оснащення, яке знаходиться в експлуатації, обов'язково повинен супроводжуватися нормативною експлуатаційною документацією у відповідності з ГОСТ 2.601-68. Вид документації встановлює підприємство.

Всі технологічні операції, які здійснюються на технологічному обладнанні, мають супроводжуватися розробленими приписами щодо техніки безпеки, вони повинні бути затвердженими у визначеному порядку.

Окремо розробляються інструкції, вимоги яких вимагають значних капіталовкладень або витрат часу, в будівлях (ділянках), яких проходить виробництво деревних гранул, заходи повинні виконуватися в терміни, встановлені адміністрацією організації та профспілкою разом з територіальними органами санітарного та пожежного нагляду. Перед проведенням цих міроприємств адміністрація зобов'язана гарантувати безпеку робіт шляхом проведення відповідних технічних заходів [15].

4.2.2. Розробка правил щодо виконання технологічного процесу

Технологічні параметри отримання і наступної обробки деревних гранул

повинні відповідати вимогам, встановленим нормативно-технічними документами для цієї галузі з метою створити безпечні умови праці і проводити контроль:

- безпеки механізмів та автоматизації процесів;

- герметизації обладнання;

- безпеки механізації ручної праці;

- виконання заміни токсичних речовин на менш токсичні або нетоксичні.

Технологічний процес отримання деревних паливних гранул повинен бути механізованим, виключаючи ті операції, для яких технічне рішення в даний час

відсутнє.

Всі складові обладнання для лінії з отримання деревних паливних гранул повинні перевірятися перед початком робочого циклу та очищатися та прибиратися після його закінчення. Правила проведення перевірки та очищення повинні

бути визначені в технологічних інструкціях.

У випадку порушення контрольованих показників, визначених в інструкціях, механізми повинні бути негайно відключені від джерел енергоживлення автоматично або обслуговуючим працівником, а до пульта керування надійти світловий та звуковий сигнали.

Не допускається використання будь-якого обладнання у виробництві деревних паливних гранул при несправності контрольованих приладів або сигнально-захисного блокування.

У приписах щодо експлуатації, інструкціях з техніки безпеки та решти технічних нормативних документах для інженерно-технічного персоналу і всіх працівників організації повинні вказуватися всі умови експлуатації, обслуговування, профілактики та ремонту механічних вузлів з виробництва деревних паливних гранул, зазначені заходи з запобігання можливим небезпекам, правила дії в випадку аварійних ситуацій.

4.2.3. Розробка правил щодо виробничого обладнання

Організації, в переліку обладнання котрих мають місце вказані вище механізми, повинні розробляти міроприємства щодо укомплектування цього обладнання сучасними автоматично-блокувальними системами.

Обладнання, робочі органи якого розташовані у верхній частині, повинні забезпечуватися огороженими поручнями майданчиками, висота яких перевищує 1 метр, огорожа обшивається суцільно внизу на висоту не менше 100 мм.

Настил та сходи майданчиків для обслуговування виконуються з рифленого сталюого листа. Ширина сходів – не менша 500 мм, розмір між сусідніми сходишками не більша 250 мм, ширина сходишки - не менша 240 мм, значення кута розміщення сходів до горизонту не більше 60° .

Відкриті приямки в підлозі теж огорожуються поручнями висотою не меншою 1 метра, обшитими суцільно внизу на висоту не менше 100 мм.

Приямки оснащуються стаціонарними освілювачами величина напруги яких не вище 42 В, що відповідає «Правилам встановлення електрообладнання ПУЕ-85».

Всі приямки забезпечуються сходами, огороженими поручнями і плоскими сходами шириною не меншою 120 мм, виготовляються вони із листової рифленої сталі або листової сталі з рельєфною наплавкою.

4.2.4. Розробка правил щодо місць управління

Пульти керування монтуються в місцях, маючих хорошим огляд та доступ, що гарантує безпечну роботи оператора.

Обладнання для ручного керування на пультах управління встановлюється максимально зручно для оператора.

4.2.5. Розробка правил щодо стану виробничих споруд

Підлоги виробничих будівель виконуються з матеріалів, не створюючих пил і не допускаючих можливості іскроутворення.

Проектування проходів складських та виробничих споруд повинне забезпечити вільний прохід до виробничих матеріалів та робочих дільниць.

На робочих майданчиках на виробництві деревних паливних гранул, в місцях можливого скупчення або утворення пилу необхідно виконувати прибирання як зазначено в затвердженій адміністрацією інструкції з указанням відповідальних за чистоту осіб.

4.2.6. Розробка правил щодо повітряного середовища.

Значення показників концентрації пилу для виробничих споруд не можуть бути більшими гранично допустимих значень.

Необхідність використання вентиляційних систем або окремих вентиляторів визначена в санітарних приписах для конкретних приміщень з визначенням гранично допустимих показників концентрацій шкідливих викидів на робочих майданчиках, працюючих цехах – це фактично умови праці. Дані отримані від метеорологічних досліджень, вимірах теплових випромінень та параметрів повітряного середовища (запиленості, загазованості, задимленості).

У виробничих будівлях, де виробляються деревні паливні гранули, параметри повітрообміну повинні визначатись з врахуванням відведення шкідливих газів, надлишків тепла та пилу для досягнення гранично допустимих параметрів. Необхідно також проводити профілактичну перевірку роботи систем вентиляції за графіком, затвердженим головним інженером організації, який узгоджений з санітарно-епідеміологічними органами (СЕС).

Необхідно забезпечувати очищення викидів від вмісту шкідливих складових.

4.2.7. Розробка правил щодо освітлення.

Віконне скло у виробничих спорудах потрібно мити не рідше ніж один раз в рік.

Контрольні заміри показників освітленості проводять два рази на рік, у відповідності з графіком, затвердженому головним інженером.

4.2.8. Розробка правил щодо транспортування готової продукції та сировини

виробничої

Вихідну сировину та інші матеріали складають в спеціально призначених місцях.

Вироблені деревні гранули повинні зберігатися в герметичній тарі, як прописано в технологічній інструкції.

Склади та кладські майданчики для сировини і продукції повинні забезпечуватися проїздами і проходами. Проходи між складеною продукцією чи сировиною повинні бути не менші 1 метра. Для проїзду автотранспорту або електрокарів розміри проходів збільшують до габаритів транспортних засобів відповідно.

4.2.9. Розробка правил щодо монтажу виробничої апаратури

Розміщення механізмів у виробничих приміщеннях повинно забезпечувати безпечне обслуговування, виконання послідовності технологічних операцій, запобігати перехресним, зустрічним чи зворотнім потокам руху вантажів та безпечний доступ для обслуговування та ремонту.

Плануючи розміщення робочих місць та обладнання, необхідно враховувати можливість евакуації співробітників в випадку виникнення небезпеки та хороший доступ для прибирання приміщень та робочих місць.

Газо- та водопровідні комунікації на робочих місцях повинні бути доступні для промивання; скупчення бруду не припустиме.

4.2.10. Розробка правил щодо забезпечення робочих ділянок

Неприпустима присутність сторонніх предметів на робочих місцях, що заважають підїзди та проходи.

Весь інструмент та інші пристрої повинні ретельно очищатись від бруду (знежирення, промивання, протирання) в терміни, зазначені в нормативних документах і технічних вимогах.

Викиди з отворів для вихлопів відпрацьованих газів повинні транспортуватися спеціальними трубопроводами за межі виробничих споруд.

Ремонтні роботи механізмів, що можуть викликати утворення пилу, ремонт вакуумних насосів необхідно виконувати в місцях, оснащених вентиляційним обладнанням.

Оснастка та пристрої, інструменти та запчастини, для забезпечення проходження технологічного процесу, зберігаються на спеціальних полицях та інструментальних ящиках.

Обладнання, інструменти чи деталі, вага яких перебільшує 20 кг, до робочого місця доставляється підйомно-транспортними засобами.

4.2.11. Розробка правил щодо персоналу

До обслуговування технічного обладнання з вироблення і подальшої роботи з паливними гранулами допускається персонал старше 18 років, хто попередньо пройшов відповідний інструктаж та навчання.

Персонал, що працюватиме на операціях, пов'язаних з небезпечними або шкідливими робочими факторами, повинен попередньо та в подальшому періодично здійснювати медичні огляди.

Знання працівників з охорони праці перевіряються спеціальною комісією, призначеною наказом по підприємству, один раз на рік. Результати перевірки знань фіксуються протоколом.

4.2.12. Розробка правил щодо засобів індивідуального захисту

Адміністрація зобов'язана слідкувати за обов'язковим використанням робітниками спецодягу, спецвзуття та ін. індивідуальних захисних засобів.

Під час роботи з отримання паливних гранул необхідно використовувати спецодяг, просочений вогнестійкими речовинами, а взуття не повинне допускати іскроутворення.

Періодично спецодяг повинен пратися або підлягати хімічній чистці. Хімічистку та прання проводять по мірі забруднення централізовано, але не рідше двох разів на місяць.

Спецодяг, призначений для роботи з обробки гранул, систематично очищують від пилу, провітрюють, зберігають в металевих шафах і перуть не рідше ніж один раз на тиждень, після чого знову просочують вогнезахисною рідиною.

4.2.13. Перевірка протипожежних приписів

У випадку загоряння деревних гранул чи деревного пилу його гасіння проводять сухим піском, глиноземом, магнезитом, азбестовим полотном. Використовують також воду та вогнегасники.

4.2.14. Перевірка виконання правил безпеки

Все необхідне для індивідуального захисту працюючого персоналу періодично підлягає контрольному огляду та перевірці терміни, встановленими нормативно-технічними нормами.

Терміни, періодичність перевірки робочих приміщень на наявність шкідливих речовин, опис виробничих факторів і умов роботи встановлюється адміністрацією організації спільно з профспілковим комітетом і все це узгоджується з органами місцевого санітарного контролю. Контролюється підприємство відомчими санітарними лабораторіями.

НУБІП України

Висновки до розділу 4

До виробничих небезпеки при виготовленні паливних гранул належать електротравми, вибухи пиловідкладень, підвищені вібрація і шум.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТУ

Суму приведених затрат знаходимо з залежності:

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

де Z_n – сума приведених затрат, грн; C – сума прямих затрат (собівартість) отриманої продукції, грн; E_n – величина нормативного показника ефективності одночасних затрат; K – величина одночасних затрат (капіталовкладень), грн.

Значення нормативного показника ефективності одночасних затрат E_n встановлене Міністерством економіки України на певний період. Його величина $E_n = 0,15$ [7].

Вартість серійного гранулятора, продуктивність якого 1000 кг/год. без комплектації вальцями, матрицею і приводом дорівнює \$80000 [25], при курсі 38 грн. за доллар становитиме 3 040 000 грн. Вартість розробленої проектом матриці та комплекту вальців становить 109 680 грн. [13]. Електричний одвигун марки А 250S4 (аналог електродвигуна 4А315S12У3) потужністю 75 кВт коштує 63 090 грн [5].

Тоді ціна розробленого проектом гранулятора буде дорівнювати:

$$I_{HM} = 3040000 + 109680 + 2 \cdot 63090 = 3275860 \text{ грн.}$$

Сума загальних капіталовкладень в розроблену установку, враховуючи торгіві та транспортні затрати та вартість монтажу установки розраховуються формулою:

$$K = I_{HM} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (5.2)$$

де K_M – сума загальних капітальних вкладень, грн.; I_{HM} – вартість спроектованої установки, грн.; k_1 – значення показника, який враховує складські, торгові та транспортні витрати ($k_1 = 1,1$); k_2 – значення показника, який враховує вартість монтажу установки ($k_2 = 1,2$).

Сума загальних капіталовкладень в розроблений проектом гранулятор з

виразу (5.2) становитиме:

$$K = 3275860 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 4324135 \text{ грн}$$

Сума прямих експлуатаційних коштів (собівартості) – це затрати на виробництво всього обсягу товару у вартістному (грошовому) вигляді [38]. Значення собівартості знаходимо з формули [37]:

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

де C_a – кошти на амортизацію, грн.; C_p – кошти на проведення ремонту та технічне обслуговування (ТО), грн.; C_{el} – кошти на закупівлю електричної енергії, грн.; C_z – кошти на оплату одиниці отриманої продукції, грн.; C_e – кошти на закупівлю сировини, грн.

Суму витрат на амортизацію знаходимо з формули [14]

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

де K_m – вартість розробленої установки, грн.; c_a – термін корисного використання розробленої установки, років.

В класифікаційному довіднику основних фондів, установленому «Законом податку на прибуток», передбачається їх розподіл на 4 категорії. Механізми та установки входять в 4 категорію, для неї мінімальний допустимий термін корисного використання становить 5 років [14].

Отже, величина відрахувань на амортизацію з формули (5.4) становитиме:

$$C_a = \frac{4324135}{5} = 864827 \text{ грн.}$$

Кошти на проведення ремонту знаходимо з формули:

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

де H_p – нормативна величина витрат на проведення ремонту.

Постановою Кабінету Міністрів України №1075 від 6.09.1996 р. нормативна величина витрат на проведення ремонту H_p встановлена 5% [26].

Отже, кошти на проведення ремонту розробленого гранулятора з формули (5.5) становитимуть:

$$C_p = \frac{4324135 \cdot 5}{100} = 216207 \text{ грн.}$$

Кошти на придбання електричної енергії розраховуються з виразу:

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

де C_{el} – ціна на електричну енергію, грн./кВт·год.; N_{el} – показник потужності електричного двигунів, кВт.; T_1 – число робочих днів за рік, шт.; T_2 – кількість робочих годин за добу, год.

Ціна одного кВт·год. електричної енергії з ПДВ з 1 листопада 2023 р. для малих не побутових споживачів, приєднані до електричних мереж ПРАТ "ДТЕК КИЇВСЬКІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ" для II класу напруги становить 697,784 коп. [28].

Величина потужності двох електричних двигунів розробленого гранулятора дорівнює 150 кВт.

В 2023 році буде 250 робочих днів.

За 8 годин робочого часу затрати на електричну енергію для роботи спроектованого гранулятора з виробництва поливних гранул з виразу (5.6) становлять:

$$C_{el} = 6,97784 \cdot 150 \cdot 250 \cdot 8 = 2126541 \text{ грн.}$$

Кошти на виплату заробітної плати знаходимо з формули:

$$C_o = TC \cdot n_{роб} \cdot T_3 \quad (5.7)$$

де TC – вартість годинної тарифної ставки за місяць, грн./міс.; $n_{роб}$ – число працюючих, чол.; T_3 – число місяців за рік, шт.

Обслуговують гранулятор 2 оператора які мають 4 тарифний розряд. Вартість годинної тарифної ставки за місяць для 4 розряду становить 3674 грн./міс. [24].

Кошти на виплату заробітної плати для обслуговуючого гранулятор працівника становлять:

$C_o = 3674 \cdot 2 \cdot 12 = 88176$ грн.
 Кошти на придбання сировини знаходимо з формули

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

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

Продуктивність спроектованого прес-гранулятора 0,97 т/год., отже, для його заправки необхідно придбати наступну кількість сировини:

$$m_c = 0,97 \cdot 250 \cdot 8 = 1930 \text{ т.}$$

Вартість тирси – 1500 грн./т [9].
 Кошти на купівлю сировини на виробництво деревних паливних гранул становлять:

$$C_c = 1500 \cdot 1930 = 2895600 \text{ грн.}$$

Значення собівартості виробництва паливних пелет на розробленому грануляторі буде наступне:

$$C = 2895600 + 864287 + 216207 + 2126541 + 88176 = 6191351 \text{ грн.}$$

Вартість 1т отриманої продукції наступна.

$$C = \frac{6191351}{1930} = 3543 \text{ грн./т.}$$

Термін окупності запропонованого проекту, (час, необхідний для відшкодування витрат на реалізацію проекту коштами, отриманими від реалізації виробленої продукції) [32].

Термін окупності знаходимо з формули [33]:

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

де P – термін окупності витрат на впровадження проекту, років; K – сума вкладень, грн.; Π – кошти від реалізації виробленої продукції, грн./рік.

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

$$\Pi = (C - C_c) \cdot V \quad (5.10)$$

де P – кошти від реалізації виробленої продукції, грн./т; C – цінова вартість виробленого продукту, грн./т; S – собівартість виробленого продукту, грн.; V – кількість виробленого продукту, т.

При реалізаційній деревних гранул 5800 грн./т [27] прибуток від їх продажу за виразом (5.10) становитиме:

$$P = (5800 - 3541) \cdot 1930 = 5004969 \text{ грн.}$$

Період окупності розробленого в проекті гранулятора з залежності (5.9) дорівнює:

$$P = \frac{4324135}{5004969} = 0,86 \text{ років.}$$

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

Таблиця 5.1

Результати визначення економічних показників реалізації проекту з отримання деревних паливних гранул компанії «Woodmart»

№	Показник	Значення
1	Вартість гранулятора з обладнанням	3 275 860
2	Загальні капіталовкладення	4 324 135
3	Затрати на амортизацію, грн.	864 827
4	Затрати на ремонт, грн.	216 207
5	Затрати на електроенергію, грн.	2 126 541
6	Затрати на оплату праці, грн.	88 176
7	Затрати на сировину, грн.	2 895 600
8	Собівартість виробництва паливних гранул, грн./т	6 191 351 3207
9	Прибуток, грн.	5 004 969
10	Ціна продукції, грн.	5800
11	Період окупності інвестицій, років	0,86

НУБІП України

Висновки до розділу 5

Собівартість виробництва деревних паливних гранул, отриманих із відходів деревообробки, на спроектованому грануляторі складає 3207 грн./т, при цьому прибуток від реалізації цих гранул – 5 004 969 грн. Період окупності капітальних вкладень у розроблений гранулятор становить 0,86 років при продажу отриманих паливних гранул за ціною 5800 грн./т.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. При виробництві деревних паливних гранул сировина подрібнюється, сушиться, змішується з водою і ущільнюється; отримані паливні гранули просіюються, охолоджуються і фасуються. Виготовляються деревні паливні гранули

екструзією через фільтри-матриць подрібненої до величини 0,5-1 мм сировини з вологістю 10%, матриці є кільцевими і плоскими.

2. Гранулятор з кільцевою матрицею в Компанія «Woodmart» (м. Васильків) має такі конструктивно-технологічні параметри:

– продуктивність гранулятора – 950 кг/год.;

– діаметр гранул – 6 мм;

– довжина фільтри – 24 мм;

– ширина ролика і матриці – 125 мм;

– зовнішній діаметр пресуючого ролика – 125 мм;

– внутрішній діаметр матриці – 550 мм;

– кількість фільтри у матриці – 5730 шт.;

– кількість пресуючих роликів – 2 шт.;

– частота обертання матриці гранулятора – 160 об./хв.

3. Гранулятор приводиться в дію від двох електродвигунів 4А315S12У3 із потужністю 77 кВт на кожен із частотою обертання 660 об/хв. через клинопасову передачу із такими конструктивними параметрами:

– передавальне число – 3,9;

– діаметр ведучого шківів D_1 – 316 мм;

– діаметр веденого шківів D_2 – 1152 мм;

– зварні шківів із сталі Ст3;

– тип пасу – Г;

– довжина пасу – 4442 мм;

– кількість канавок під ремені на шківів – 3 шт.

4. Теплотворна здатність паливних гранул з деревних відходів становить

13,34 МДж/кг.

5. До виробничих небезпеки при виготовленні паливних гранул належать електротравми, вибухи пиловідкладень, підвищені вібрація і шум.

6. Собівартість виробництва деревних паливних гранул, отриманих із відходів деревообробки, на спроектованому грануляторі складає 3207 грн./т, при цьому прибуток від реалізації цих гранул – 5 004 969 грн. Період окупності капітальних вкладень у розроблений гранулятор становить 0,86 років при продажу отриманих паливних гранул за ціною 5800 грн./т.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Список використаних джерел

1. Зайцев О.В. Порівняльний аналіз застосування моделей оцінки ефективності інвестицій в інноваційні проекти (Частина 1). *Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка*. 2019. № 1. С. 99-110. DOI: 10.21272/1817-9215.2019.1-14.

2. Бунецький В.О. Аналіз технологій одержання твердого біопалива у вигляді пеллет або брикетів. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2011. Випуск 10. С. 328-340.

3. Василенков В.Є. Дослідження теплотворної властивості твердого біопалива. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування*. 2010. № 144. Ч. 3. С. 157-163.

4. Максимів Л.І., Климович В.П., Загвойська Л.Д. Використання енергетичного потенціалу деревини: еколого-економічний вимір. *Наукові праці Лісівничої академії України. Журнал наукових праць*. 2016. Вип. 4. С. 244-251.

5. Гранулятори від виробника. Матеріали із сайту ARTMASH [Електронний ресурс]. URL:

https://artmash.ua/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%88&utm_campaign=brand&utm_content=&gclid=Cj0KCQjwj5mpBhDJARIsAOVjBdob7b3vYiEZThi-TGIpx_qfE6th5wDSr46vvBR7igDyQ84dCMkeI3AaAqlAEATw_wcB.

6. Пиломатеріали в Василькові. Матеріали із сайту Отзывы [Електронний ресурс]. URL:

<https://ukr.otzywy.com/%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B2/%D0%9F%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B/?page=2&what=%D0%9F%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B&where=>.

7. Чуняк О.В., Заборовець О.П. Оцінка ефективності та доцільності проект-

них рішень реальних інвестиційних проектів. *Сучасні проблеми економіки та підприємництва*. 2012. Вип. 9. С. 113-119.

8. Єременко О. І., Поліщук В. М., Шворов С. А., Скібчик В. І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів: монографія. Київ: НУ-БіП України, 2021. 248 с.

9. Кірієнко О. А., Гузенко Ю. М. Теорія механізмів і машин. Деталі машин: розрахунки механічних передач. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. 188 с.

10. Куплю тирсу, відходи мебельного виробництва, з пилорам, с/г відходи. Матеріали із сайту FLAGMA [Електронний ресурс]. URL: <https://flagma.ua/kuplyu-tirsu-othody-mebelnogo-proizvodstva-s-o9376703.html>.

11. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 240 с.

12. DIN X46Cr13 EN 1.4034 DIN X39Cr13 EN 1.4031 Stainless Steel Round Bars. Materials from the site Guanglustainless [Electronic resource]. URL: <https://www.guanglustainless.com/sale-12156384-din-x46cr13-en-1-4034-din-x39cr13-en-1-4031-stainless-steel-round-bars.html>.

13. Матриця 480/122*8,0*75/75 (соллома) до прес-гранулятора. Матеріали із сайту Prom.ua [Електронний ресурс]. URL: https://prom.ua/p1694836550-matritsa-480122807575-soloma.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1&gclid=Cj0KCQjw7JOpBhCfARIsAL3bobenLTLHeevZGhpEshU2bVUqgC0WUUG7WxJotW1tAW6RVUB_4gYrZJUaAtfpEALw_wcB.

14. Мельник В. І., Карабиньощ С. С., Ревенко Ю. І. Амортизація основних засобів: методичні вказівки. Київ: Тонар, 2012. 26 с.

15. Дубровін В.О., Поліщук В.М., Тарасенко С.Є., Драгнев С.В. Практикум з машин та обладнання для біоенергетики: навч. посібник. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 208 с.

16. Масікевич А.Ю., Яремчук В.М., Багъ Р.Я., Масікевич Ю.Г., Мальований М.С., Атаманюк В.М. Утилізація деревних відходів шляхом виготовлення

паливних гранул методом екструзії. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 1. С. 93-97.

17. Федорейко І., Шкарупа Є., Шляпцева К. Інвестиційне проектування як основа для формування інвестиційної привабливості промислового підприємства.

Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки). 2020. № 1. С. 36-40. DOI: <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2020/1.36>

18. Ларка Л.С. Економічне управління підприємством: конспект лекцій. Харків: НТУ «ХП», 2017. 84 с.

19. ІНАОП 27.4-7.08-91. Сплави магнієві, алюмінієві, титанові, нікелеві. Виготовлення гранул. Вимоги безпеки. Київ: Держстандарт, 1992. 16 с.

20. Обладнання для виробництва пеллет та брикетів. Матеріали із сайту bio.ukr [Електронний ресурс]. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/7541/>.

21. Продаємо гранулу, пеллети із сосни. Матеріали із сайту Prom.ua [Електронний ресурс]. URL: https://prom.ua/p1195178653-prodaem-granulu-pellety.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1&gclid=Cj0KCQjw7JOpBhCfARIsAL3bobdmN9RZ1SDXtQRSzdORi1vjk5dMZmj6oLXsjU0AkC8WchAEzxt5HbEaAihxEALw_wcB.

22. Термін окупності інвестицій. Матеріали із сайту LivingFo [Електронний ресурс]. URL: <https://livingfo.com/termin-okupnosti-investytsij/>.

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

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

25. Поліщук В.М., Дубровін В.О., Драгнев С.В. Інженерія систем природокористування. Частина 2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з круглою матрицею для виробництва гранульованого біопалива. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін "Інженерія систем природокористування" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних

закладів 3-4 рівнів акредитації освітньо-кваліфікаційного рівня „Магістр” зі спеціальності 8.05050312 – “Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва” та 8.05050303 – “Обладнання лісового комплексу”. Київ: АграрМедіаГруп, 2013. 48 с.

26. Поліщук В. М., Науменко В. О., Науменко О. В. Впровадження технологічної лінії виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва на ПП "Малинська меблева фабрика". *Machinery & Energetics. Journal of Production Research*. 2018, Vol. 9, №. 2. С. 117-122. DOI: 10.31548/machenergy.2018.02.117-122.

27. Посадові оклади ЄТС 2023 рік/ Матеріали із сайту Бухгалтер бюджетної установи [Електронний ресурс]. URL: <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/posadovi-okladi-za-ets/posadovi-okladi-za-yets-2023/>.

28. Електродвигун А 250S4 75 кВт. Матеріали із сайту ТОВ "ТБ "МАКС" [Електронний ресурс]. URL: https://nasos-2005.com/p592344699-elektrodivigatel-250s4-kvt1500.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjw7JOp-BhCfARIsAL3bobfGNtqX1SRN-dbBd-_UXCEADkBMiFN1nE3vmbaWig3ZM7eJjgzUAYaAiECEALw_wcB.

29. Прес-гранулятор. Матеріали із сайту ПАТ ЕЛЕКТРОМОТОР [Електронний ресурс]. URL: <https://www.elmotor.com.ua/uk/dlya-s-h/pres-granulyator/>.

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

31. Поліщук В. М., Тарасенко С. Є. Біопалива. Виробництво і використання. навч. посібник. Київ: ЦП "КОМПРИНТ", 2017. 376 с.

32. Рівні цін на універсальні послуги для побутових та малих непобутових споживачів, у тому числі для побутових та малих непобутових споживачів, які є користувачами малої системи розподілу, що вводяться в дію з 01 листопада 2023 року. Матеріали із сайту ТзОВ «Київська обласна енергопостачальна компанія»

[Електронний ресурс]. URL: <https://коес.com.ua/page?root=23>.

33. Святкові та неробочі дні 2023. Матеріали із сайту Головбух [Електронний ресурс]. URL: <https://buhplatforma.com.ua/article/9168-svyatkov-ta-neroboch-dn-2022>.

34. Розрахунок прямих витрат. Матеріали із сайту Pidru4niki [Електронний ресурс]. URL: https://pidru4niki.com/16400116/ekonomika/rozrahunok_pryamih_vitrat.

35. Що таке собівартість продукції та як її розрахувати. Матеріали із сайту Школа бізнесу [Електронний ресурс]. URL: <https://online.novaposhta.education/blog/shho-take-sobivartist-produkcii-ta-yak-ii-rozrahuvati>.

36. He Song, Yang Hui, Chen Xianfeng. Facile synthesis of highly porous silica aerogel granules and its burning behavior under radiation. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 2018. № 82. P. 407–416.

37. Що таке собівартість і як її розрахувати: типи, види, структура і формування собівартості. Матеріали із сайту Opal [Електронний ресурс]. URL: <http://opal.net.ua/2020/11/30/czto-takoe-sebestoimost-i-kak-ee-rassczitat-tipy-vidy-struktura-i-formirovanie/>.

38. Остащевський М.О., Юр'єва О.Ю. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник. Харків: ФОН Панов А. М., 2017. 452 с. □ □

39. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Мьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 360 с.

40. Рудь. Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник. Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с

41. EN-14961-1: New European Pellet Standard. Finlandija. VTT, 10 p.

42. Polishchuk V., Naumenko V, Naumenko O. Justification of capacity of the pellets granulation line at private enterprise "Malyn furniture factory". *Teka commission of motorization and power industry in agriculture*. 2018. Vol. 18, № 1. P. 83-93.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

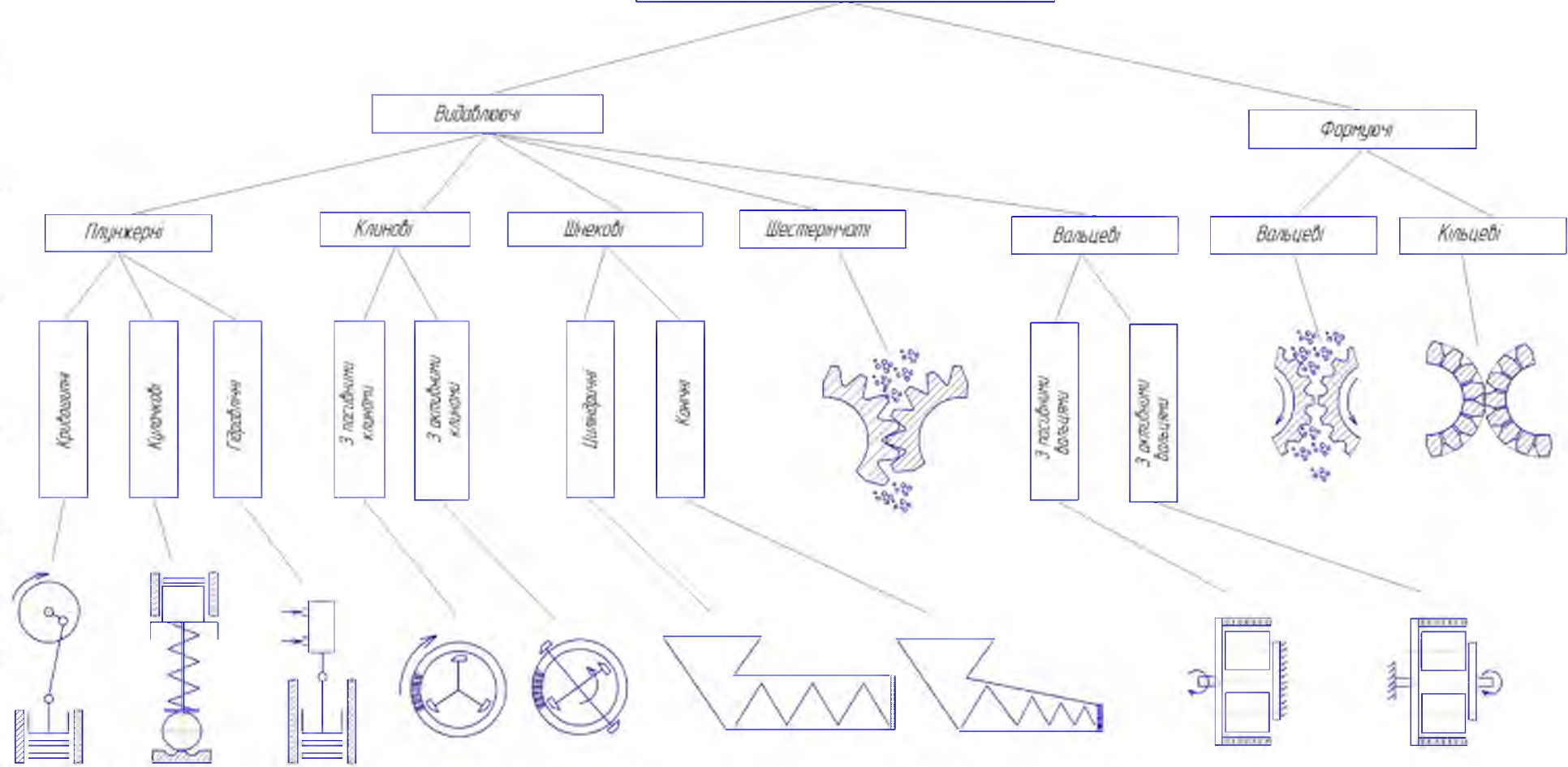
НУБІП України

НУБІП УкрДІП

ДОДАТОК А. Креслення вузлів та деталей

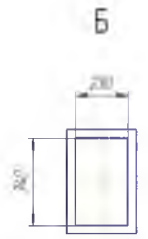
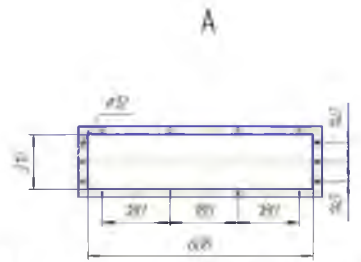
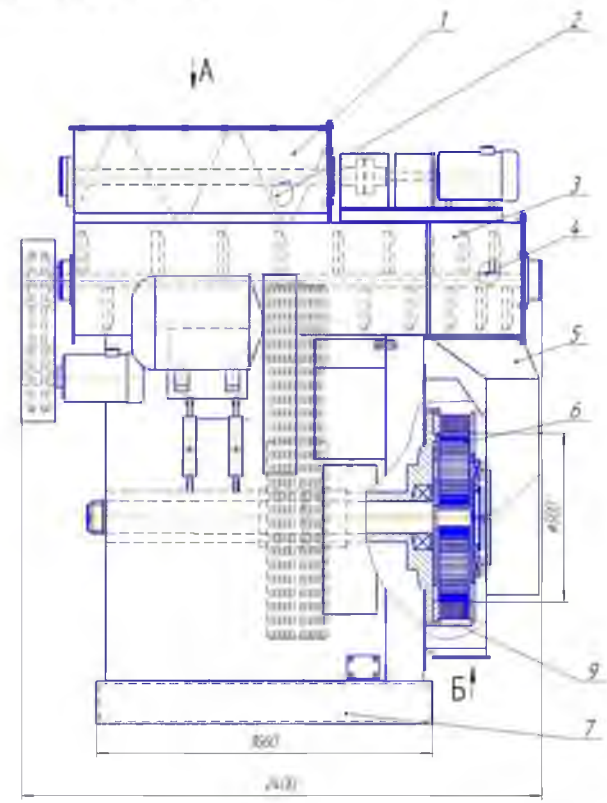
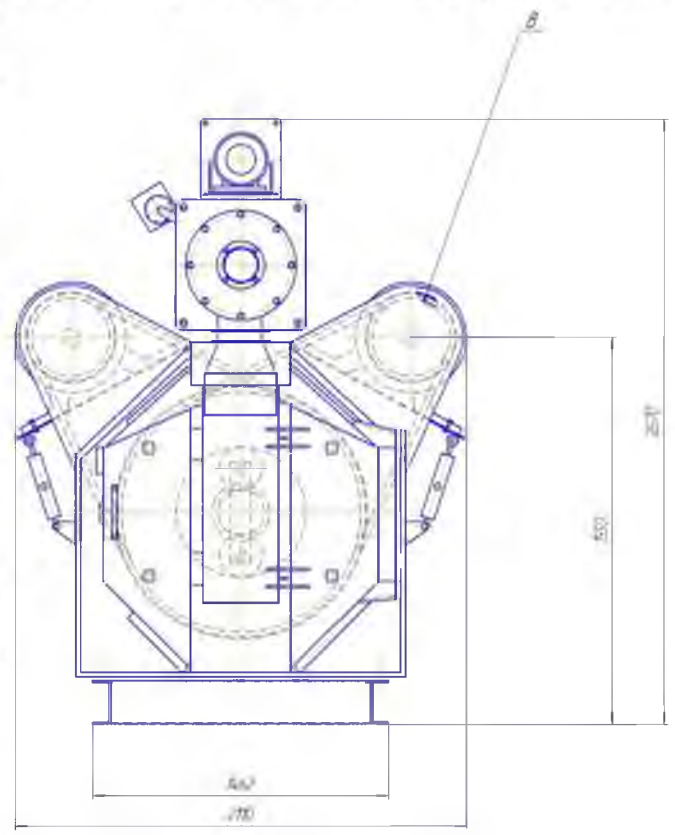
Класифікація грануляторів

Преса для гранулювання біомаси



НУБІП | УКРАЇНИ

Загальний вигляд спроектованого прес-гранулятора

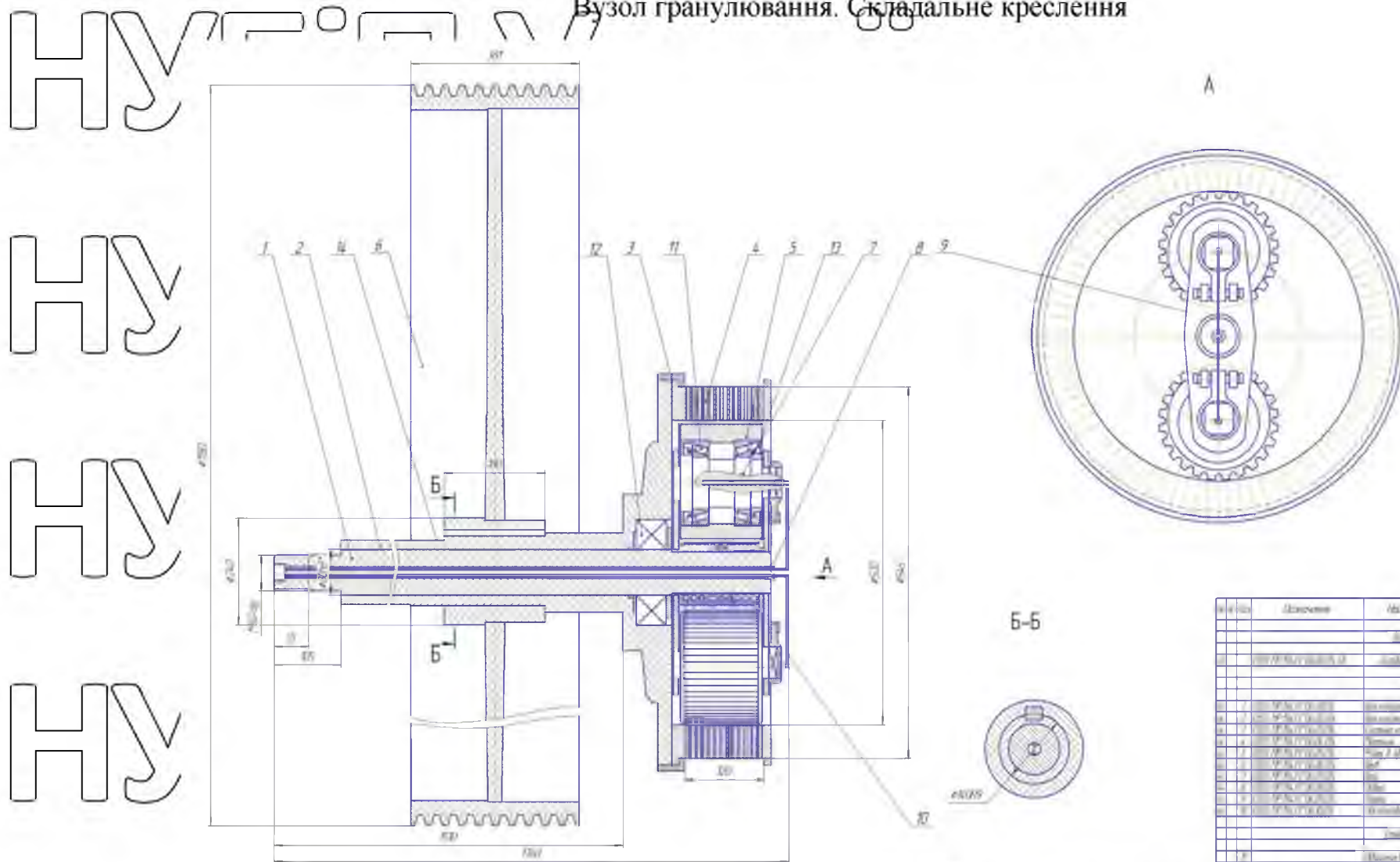


Легенда деталей

1. Співвідношення прес-гранулятора 42/100	010
2. Співвідношення гранулятора 42/100	010
3. Співвідношення гранулятора 42/100	010
4. Співвідношення гранулятора 42/100	010
5. Співвідношення гранулятора 42/100	010
6. Співвідношення гранулятора 42/100	010
7. Співвідношення гранулятора 42/100	010

Всього деталей: 7

Вузол гранулювання. Складальні креслення



- 1 Пружина для шпindel
- 2 Диск для ступені безшарового двох напрямків редуктора - 5 ZH
- 3 Диск для ступені безшарового двох напрямків редуктора з шпindelом для шпindelа з шарикопідшипником
- 4 Підшипник шпindelа червоний (шпindel) / підшипник
- 5 Підшипник шпindelа / шпindel, що працює в протилежному напрямку до шпindelа червоного (шпindel) від червоних / шпindel / шпindel

№ п/п	Назва	Кількість	Мат.	Прим.
1	Пружина для шпindelа	1	Сталь	
2	Диск для ступені безшарового двох напрямків редуктора - 5 ZH	1	Сталь	
3	Диск для ступені безшарового двох напрямків редуктора з шпindelом для шпindelа з шарикопідшипником	1	Сталь	
4	Підшипник шпindelа червоний (шпindel) / підшипник	2	Сталь	
5	Підшипник шпindelа / шпindel, що працює в протилежному напрямку до шпindelа червоного (шпindel) від червоних / шпindel / шпindel	2	Сталь	
6	Шпindel	1	Сталь	
7	Шпindel	1	Сталь	
8	Шпindel	1	Сталь	
9	Шпindel	1	Сталь	
Примітки:				
1	Матеріал шпindelа - Сталь			
2	Матеріал шпindelа - Сталь			
3	Матеріал шпindelа - Сталь			
4	Матеріал шпindelа - Сталь			
5	Матеріал шпindelа - Сталь			
ІНШІ ПІДРОБІТКИ				
Кількість деталей				
Кількість деталей				
Кількість деталей				



Результати визначення
економічної ефективності впровадження лінії гранулювання
в компанії «Woodmart», м. Васильків

№	Показник	Значення
1	Ціна гранулятора, грн	3 275 860
2	Загальні капіталовкладення, грн.	4 324 135
3	Затрати на амортизацію, грн.	864 827
4	Затрати на ремонт, грн.	216 207
5	Затрати на електроенергію, грн.	2 126 541
6	Затрати на оплату праці, грн.	88 176
7	Затрати на сировину, грн.	2 895 600
8	Собівартість виробництва продукції, грн.	6 191 351
	грн./т	3 207
9	Прибуток, грн.	5 004 969
10	Ціна продукції, грн.	5 800
11	Термін окупності інвестицій, років	0,86

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України