

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.

_____ В.С. Хмельовський

« ____ » _____ 2021 р.

“ ____ ” _____ 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: “Обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива з розробленням заходів охорони праці”

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

Керівник магістерської роботи
професор _____ Поляшук В.М.

Виконав _____ Андрійченко Р.Ю.

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Андрійченку Руслану Юрійовичу

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи “Обґрунтування технології та вибір обладнання
для виробництва гранульованого біопалива з розробленням заходів охорони
праці”

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "12" квітня 2021 р. за №
583 "С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 15.11.2021 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

- обсяг сировини для виготовлення паливних гранул в ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ»
Вишгородського р-ну Київської обл.;
- фізико-механічні властивості сировини для виготовлення паливних гра-
нул,
- фізико-механічні властивості паливних гранул.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- провести аналіз технологій і технічних засобів виробництва паливних
гранул,

– обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри гранулятора з кільцевою матрицею для лінії гранулювання деревних відходів в ТОВ «ЛАСМЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл.;

– провести експериментальні дослідження теплоти згорання деревних паливних гранул;

– провести аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул та розробити інструкцію з безпеки праці при їх виробництві;

– здійснити техніко-економічне оцінювання проекту.

Дата видачі завдання 14.04.2021 р.

Керівник магістерської роботи

Цоліщук В.М.

Завдання прийняв до виконання

Андрійченко Р.Ю.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської роботи	2
ЗМІСТ	4
Реферат	6
Вступ	7
Розділ 1. Аналіз технологій і технічних засобів виробництва паливних гранул	9
1.1. Паливні гранули як джерело енергії	9
1.2. Особливості виробництва паливних гранул	10
1.3. Класифікація грануляторів	12
1.4. Сучасні технології гранулювання	12
Висновки до розділу 1	17
Розділ 2. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів гранулятора з кільцевою матрицею для лінії гранулювання деревних відходів в ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл.	18
2.1. Характеристика господарства	18
2.2. Методика конструкційно-технологічного розрахунку гранулятора для виробництва паливних гранул з біомаси	19
2.2.1. Методика конструкційно-технологічного розрахунку гранулятора з кільцевою матрицею	19
2.2.2. Методика розрахунку параметрів клинопасової передачі привода електродвигуна гранулятора з кільцевою матрицею	23
2.3. Конструкційно-технологічний розрахунок гранулятора для виробництва паливних гранул з біомаси	26
2.3.1. Конструкційно-технологічний розрахунок гранулятора з кільцевою матрицею	26
2.3.2. Розрахунок параметрів клинопасової передачі привода електродвигуна гранулятора з кільцевою матрицею	31
Висновки до розділу 2	35
Розділ 3. Експериментальні дослідження теплоти згорання деревних паливних гранул	37

3.1. Конструкція калориметричної бомби	37
3.2. Програма і методика експериментальних досліджень	39
3.3. Методика обробки результатів експериментальних досліджень	42
3.4. Результати експериментальних досліджень	44
Висновки до розділу 3	46
Розділ 4. Охорона праці	47
4.1. Аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул	47
4.2. Розробка інструкції з безпеки праці при виробництві паливних гранул	49
Висновки по розділу 4	55
Розділ 5. Техніко-економічна оцінка проекту	57
Висновок до розділу 5	61
Висновки	62
Список використаних джерел	64
Додатки	69
Додаток А. Креслення деталей та вузлів гранулятора	70

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота на тему "Обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива з розробленням заходів охорони праці" складається із пояснювальної записки загальним обсягом 77 сторінок, у тому числі 6 таблиць, 12 рисунків, 56 формул, 42 літературних джерел, 1 додатку і презентації роботи на 16 слайдах.

НУБІП України

У вступі пояснена необхідність використання альтернативних джерел енергії.

НУБІП України

У першому розділі проведений аналіз технологій і технічних засобів виробництва паливних гранул.

У другому розділі на основі аналізу діяльності господарства визначена продуктивність гранулятора. З використанням навелених методик визначені конструкційно-технологічні параметри гранулятора з кільцесою матрицею для виробництва паливних гранул з біомаси.

НУБІП України

В третьому розділі проведено експериментальне визначення теплоти згорання деревних паливних гранул.

НУБІП України

У четвертому розділі проведений аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул та розроблена інструкція з безпеки праці при виробництві паливних гранул.

У п'ятому розділі проведено обґрунтування техніко-економічної ефективності проекту.

НУБІП України

У висновках представлені основні результати магістерської роботи.

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

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

В останні роки спостерігається інтенсивний перехід до застосування біо-

маси в якості заміни викопним паливом. Євросоюз передбачає до 2030 року за-
міну чверті потреби у пальному для потреб дорожнього автотранспорту рідким
біопаливом. Ефективність процесу переробки біомаси з енергетичною метою
буде досягнуто тільки у випадку дотримання певних характеристик технологіч-
них процесів та обладнання для АПК, які здатні здійснювати конверсію біологі-
чної сировини. Будь-який вид біологічної сировини спроможний забезпечити
широкий перелік різноманітних продуктів.

НУБІП України

Вивчення сировинних запасів біомаси в Україні для отримання твердого
палива, такого як пеллети або брикети свідчить, що запаси біомаси, доступні для
отримання енергії, дорівнюють біля 27,8 млн. т у.п./рік. Базуючись на результа-

тах вивчення, зрозуміло, що сільськогосподарські відходи (солома ріпаку, зерно-
вих культур, стебла соняшнику та кукурудзи) по своїм енергетичним показникам
відповідають показникам деревини. Проаналізувавши всі характеристики, вста-
новлено, що застосування біомаси сільськогосподарського виробництва України
для отримання твердого палива (брикетів або ж пеллет) дасть можливість скоро-
тити використання викопного газу [2].

Тому тема роботи є актуальною.

НУБІП України

Мета магістерської роботи – збільшення ефективності роботи ТОВ «ЛАСУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл. шляхом обґрунтування техноло-
гії та вибору обладнання для виробництва гранульованого біопалива з розроб-
ленням заходів охорони праці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– провести аналіз технологій і технічних засобів виробництва паливних
гранул;

– обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри гранулятора з кіль-
цевою матрицею для лінії гранулювання деревних відходів в ТОВ «ЛАСУЕРТЕ»
Вишгородського р-ну Київської обл.;

– провести експериментальні дослідження теплоти згорання деревних паливних гранул;
– провести аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул та розробити інструкцію з безпеки праці при їх виробництві;

– здійснити техніко-економічне оцінювання проекту.
Об'єкт дослідження – технології та обладнання для виробництва гранульованого біопалива.

Предмет досліджень – обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва гранульованого біопалива з розробленням заходів охорони праці.

Очікувані результати магістерської роботи:
– проведений аналіз технологій і технічних засобів виробництва паливних гранул;

– обґрунтовані конструкційно-технологічні параметри гранулятора з кільцевою матрицею для лінії гранулювання деревних відходів в ТОВ «ЛА СУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл.;

– проведені експериментальні дослідження теплоти згорання деревних паливних гранул;

– проведений аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул та розроблена інструкція з безпеки праці при їх виробництві;

– здійснене техніко-економічне оцінювання проекту.

В основі магістерської роботи покладені такі методи наукових досліджень:

– аналіз і синтез структури процесу виробництва паливних гранул з відходів деревопиляння;

– встановлення конструкційно-технологічних параметрів гранулятора з кільцевою матрицею за відомою методикою;

– аналіз системи “відходи деревопиляння – гранулятор – паливні гранули”;

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

1.1. Паливні гранули як джерело енергії

Вже тривалий час перед людством стоїть перелік проблем, які пов'язані з зменшенням запасів традиційних викопних енергоносіїв та з очевидною зміною кліматичних показників планети. Реальною альтернативою може бути використання джерел енергії, що здатні поновлюватися. Одним з цих джерел може бути сировина залишків рослин, в тому числі деревини. На виробництвах в лісовій промисловості, на всіх етапах від заготівлі деревини і вироблення кінцевого результату, залишаються відходи, що займають великі обсяги і забруднюють довкілля. Сучасні правила що до збереження довкілля диктують суворі вимоги до зберігання і переробки деревних відходів. Вивезення цих відходів до звалищ і утилізація звалищ потребують великих затрат. Отже проблема ефективної переробки деревних відходів є досить актуальною. Як відомо, деревні відходи можуть бути хорошим паливом, тому що володіють високою теплотворною здатністю. Однією з найбільших переваг цього палива - екологічна безпека, тому що згоряючи деревні відходи утворюють мінімальну кількість шкідливих викидів і золи [36].

Відходи деревини поділяються на кускові – тверді, стружку, тирсу, та м'які - пил. Обсяг утворених відходів залежить від технічної оснащеності і виду виробництва. В залежності від виду підприємства об'єм відходів знаходиться в межах від 22-26% на деревообробних та лісозаготівельних підприємства до 51-60% в підприємствах з виробництва фанери і паркету. Якщо відходи деревопереробки не можуть використовуватися з отриманням більшої вигоди, їх доцільніше використовувати в якості палива. Це пояснюється тим, що під час природного розкладання деревини виділяється в атмосферу той же самий обсяг вуглекислого газу, що і під час її згоряння [36].

Гранули, що належать до першого класу, задіяні для систем опалення, потужність яких до 1 МВт, такі зазвичай застосовуються в більшості випадків у опаленні приватного сектору. Для опалювальних установок більшої потужності та в системах, де виробляється тепло та електроенергія комбіновано, випускаються промислові гранули. Гранули, що належать до першого класу, виробляються з деревної сировини, що очищена від кори, а гранули для використання в промисловості виробляються з деревної сировини з корою [23].

1.2. Особливості виробництва паливних гранул

На показники якості вироблених гранул мають вплив показники вологості, крупності і вид сировини напівфабрикату. Певні довідники встановлюють оптимальну для пресування деревних гранул величину вологості напівфабрикату 7-12%. Встановлено, що зі збільшенням показника вологості щільність гранул зменшується та, як наслідок процесу випаровування вологи на поверхні гранул, можуть виникати тріщини, які впливають на їх міцність, знижуючи її. Чим менший розмір частинок напівфабрикату тим якість гранул краща. Найвищі показники якості у гранул, отриманих з тирси. Відходи у вигляді кусків необхідно подрібнювати до розмірів 0,5-1,0 мм, при цьому необхідно пам'ятати, що вміст часток розмірами 1,0-5,0 мм не повинен бути більшим 25%. Найвища якість спресованого матеріалу досягається в випадку, коли розміри часток не перевищують 2 мм. Незважаючи на це існує думка, що тирса дрібніших розмірів менше зношує матрицю. Деревні відходи в кусках як правило значно більші за розмірами: вони довжиною 10-6000 мм, шириною 10-400 мм, товщиною 1-100 мм. Очевидно, що попередньо їх необхідно подрібнювати. Деревина лісдя подрібнення за ГОСТ 23246-78 ділиться на наступні фракції: тріска, стружка, дробленка, тирса, деревне борошно та деревний пил [26].

Якщо часка відходів у кусках невелика, вона відразу подрібнюється в тирсу. Якщо вихід продукції дорівнює більше 3000 тонн деревних гранул в рік, пропонується кускові відходи подрібнювати в тріску або дробленку, а вже після

цього доподрібнювати в стан тирси. Це викликано тим, що продуктивність відомих кускових подрібнювачів відходить замала. Як відомо, з'єднувальною речовиною для гранул є лігнін. Це полімер ароматичної природи, аморфний. Він наявний в клітинах деревини що спроможний під дією температури і тиску виділятися. Кількість лігніну в деревній сировині хвойних порід дорівнює 27-35%, в деревній сировині порід – 18-28%, в корі дерев в залежності від порід 18-45%. За кольором лігнін залежить від методики отримання його з деревини і може змінюватися від світло-жовтого на темно-коричневий. Величина щільності лігніну дорівнює 1260-1460кг/м³ [24].

Хімічний вміст деревини за елементами практично не відрізняється у різних породах дерев. Напівфабрикат для гранулювання складається з деревини, повітря і води. Їх вміст і співвідношення має вплив на характеристики процесу пресування. Найбільший вплив на процес мають вологість та крупність часток, для гранулювання комбікормів, крім цих показників, важливий вплив має величина тиску пресування, значення температури сировини і тривалість процесу пресування. Коли збільшується тиск пресування і знижується вологість, показник щільності спресованого напівфабрикату росте. Якщо величина вологості деревного матеріалу більша 15% або вологість кори більша 10% отримані брикети та гранули характеризуються недостатньою щільністю і відповідно малою міцністю. Тому виникає необхідність витримання пресованого напівфабрикату в формуючій порожнині під певним тиском напротязі якогось часу, щоб релаксація пружних напружень відбулася. Чим більше значення температури зпресованого напівфабрикату, тим менше значення тиску необхідно, щоб отримати продукт хорошої якості. Під час проходження сировини в формуючому каналі на контактній поверхні формується гладка і міцна плівка. Найбільша за величиною міцність у напівфабриката, пресованого за температури більше 150°C. За меншої температури пресування значення міцності напівфабрикату зменшується. Верхня межа температури при пресуванні є 250°C, при якій відбувається реакція піролізу – це процес часткового розкладання деревини. Для гранулювання тирси з деревної сировини оптимальною вважається (за матеріалами компанії California

Pellet Mill), значення температури гранул від 87 до 103°C. Це викликано тим, що повинне відбуватись процес плавлення лігніну, він проходить за 90°C, і за відсутності утворення парів води, які розривають гранули [36].

На споживчі характеристики пресованої тирси вказують величини їх зольності і теплоти згоряння. Зольність деревини від 0,1 до 1,0%, зольність деревної кори досягає 8%. Зола використовується в якості добрива. Значення вищої теплоти згоряння деревної сировини визначається хімічним її складом отже воно приблизно однакове у дерев всіх порід. Для кори значення теплоти згоряння більше, ніж у деревної сировини. Величина нижчої теплоти згоряння вологої деревної сировини значно падає з ростом вологості. За показника вологості 70% значення теплоти згоряння падає в 20 разів. Під час процесу гранулювання тирси величина насипної щільності сировини росте з 100 до 660 кг/м³. Величина щільності гранул дорівнює більше 1130 кг/м³ і може досягти 1700 кг/м³. А значення насипної щільності дорівнює 860 кг/м³. Гранули зберігаються за показника вологості менше 10%. Це гарантує встановлену стандартом величину теплоти згоряння 18 МДж/кг. За показника вологості 30% і більше гранули руйнуються в крихту. На процес гранулювання сухої тирси іде енергія, що дорівнює до 3% енергетичної ємності гранул. У випадку, коли гранули необхідно сушити, затрати енергії на їх отримання можуть досягати 20% від енергетичної ємності гранул. Встановлено, що під час процесу гранулювання тирси дерев хвойних порід продуктивність роботи гранулятора більша, ніж під час процесу гранулювання тирси дерев листяних порід. До показника крихкості гранул існують певні вимоги. Якщо відсоток гранул, довжина яких менша 10 мм в масі більший 20%, це спроможне викликати спікання/шлаку в топці спалювання гранул [42].

1.3. Класифікація грануляторів

Існує наступна класифікація прес-грануляторів [39]:

- формуючі гранулятори (утворення гранул в закритій камері);

- видавлюючі гранулятори (спресовування сировини відбувається за допомогою дії сили тертя, яка виникає під час проходження пресуючої сировини крізь фільтри матриці).

Найбільшого поширення набули гранулятори, які випускають гранули шляхом видавлювання [39].

Схеми роботи грануляторів показані на рис. 21.

1.4. Сучасні технології гранулювання

Паливні гранули або пеллети - це часточки екструдованої сировини, мають зазвичай циліндричну форму, довжину приблизно більшу в два рази від діаметра. Величина максимального діаметра гранул - один дюйм (25,4 мм). Екструдатний продукт з значною площею поперечного перерізу зазвичай називається брикетами.

Згідно [36], деревні гранули повинні задовольняти таким вимогам. Їх поверхня повинна бути без здуття і тріщин та гладенькою. Гранули мають зазвичай діаметри 4, 6, 8, 10 мм. Граничні діаметри використовують рідше. Значення довжини гранул не повинно бути більшим 50 мм. Гранули повинні мати солодкуватий легкий запах клею. Сірий відтінок свідчить про тривале зберігання продукту, це його якість знижує. Світлий відтінок гранул говорить про його хорошу якість. Темний колір продукту не означає погану якість, хоча неякісні пеллети мають як правило темний колір. Приєднання пилу деревини на пеллетах свідчить про їх крихкість. Гранули, що відносяться до першого класу, характеризуються діаметром 6 мм, для забезпечення меншої крихкості промислові пеллети мають діаметр до 10 мм [8].

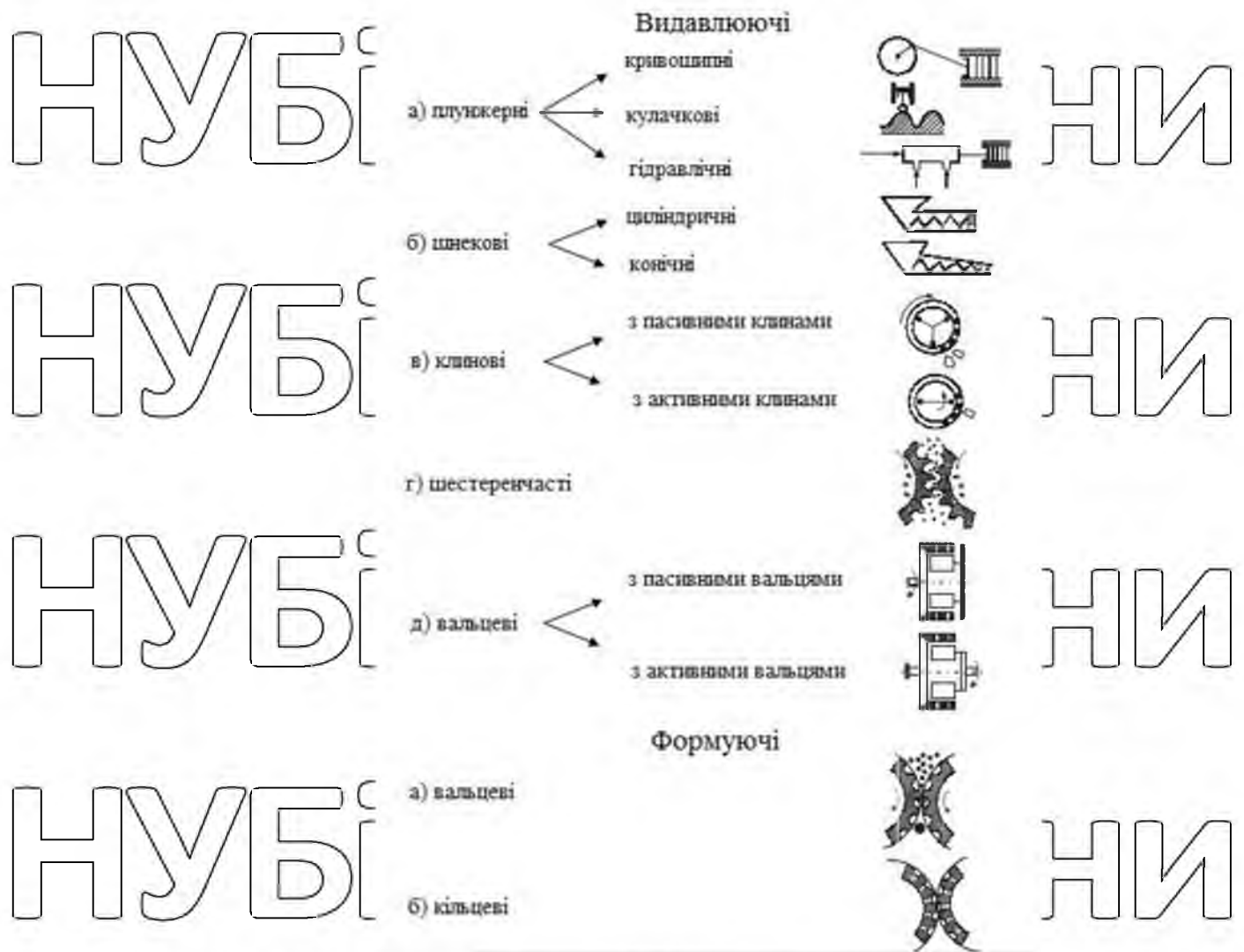


Рис. 1.1. Схематичне зображення роботи грануляторів [39]

Існують наступні технологічні процеси у технологічні режими отримання деревних грану.

1. Первинна переробка деревних відходів. Сировина повинна відповідати певному гранулометричному складу і вологості 7-12%. Значні шматки деревини подрібнюються в стружку та за надмірного показника вологості піддаються сушінню. Отримана тирса та стружка подрібнюється молотковсю дробаркою з отриманням однорідного складу.

2. Процес кондиціонування. В масу деревних відходів перед процесом пресування вводять пар і / або воду з метою покращення склеюючих властивостей лігніну, який входить в склад деревини. Якщо в масі вміст лігніну недостатній

(деревина осики) або ж відбувся процес розкладання лігніну під час довготривалого зберігання, зчеплення в гранулах можна покращити, додавши в'яжучі речовини під час процесу подрібнення. У відповідності до нормативу DIN 51731 як в'яжучу речовину допускається додавання до 2% крохмалю зернового крохмалю або ж борошна з грубим помолом.

3. Процес пресування. Деревну сировину пресують в матричних пресах. Конструкція матриці може бути кільцевою і плоскою. Продукт продавлюють за допомогою пресуючих роликів крізь матричні фільтри. Утворені циліндричні стовпчики зрізають або обламують на необхідній довжині.

4. Процес охолодження. Із преса гранули виходять вологими, м'якими та високої температури (зазвичай, їх температура дорівнює 95-120°C). Для можливості зберігання, транспортування і складування їх потрібно охолодити і просушити. Під час цих процесів гранули затвердівають.

5. Процес просіювання. Відбувається з метою відділення дрібної складової за допомогою простовача. Відсіяний сировинний матеріал подається знову в гранулятор для формування гранул [23].

За величини діаметра фільтри 6 і 8 мм значення довжини формуючої порожнини складає 40-45 мм. Слід зазначити, що якість пеллет діаметром 6 мм краща, ніж діаметром 8 мм. Технології виробництва рекомендують вводити в тирсу перед гранулюванням безпосередньо певну кількість пари або води, але така рекомендація вважається спірною.

Технологія отримання пеллет відповідає технології виробництва вітамінно-трав'яного борошна та гранульованих комбикормів. Пелети виготовляють без використання додаткових клеєвих добавок, хоча рекомендується в якості зв'язуючого компонента застосовувати борошно. Відомі рекомендації застосовувати під час процесу отримання гранул високомолекулярні пластифікатори - зв'язуючі органічні речовини, які дозволяють зменшити тиск при пресуванні, та покращити параметри спалювання гранул [36].

Теперішнього часу для пресування сировини рослинного походження найчастіше застосовують пресуючі машини з матрицями кільцевої конструкції з

двома роликками для пресування. Ці машини відносяться до машини безперервної дії. Через те, що холостий хід відсутній і швидкість руху робочих органів постійна, це зменшує до мінімуму сили інерції, а відповідно і вагу пресового обладнання. Конструкція робочих органів відносно проста. Це спонукає до висновків про перспективність пресуючих механізмів такої конструкції для гранулювання тирси. Слід враховувати, що під час гранулювання тирси з деревини продуктивність механізму в 2-3 рази нижча, ніж під час гранулювання комбікормів [23].

Під час гранулювання рослинних відходів (соломи, лушпиння, відходів з елеваторів, льняної костриці) при отриманні паливних гранул використовуються роторні преса з матрицями круглої або плоскої конструкції [16].

У пресах з матрицями круглої конструкції (рис. 1.2) безпосередньо вузол пресування - це кільцева матриця, закріплена в бандажних тримачах, з пресуючими роликками, що розміщені всередині. При цьому процес проходить двома варіантами: матриця обертається, а спарені роликки закріплені нерухомо або навпаки - нерухомо закріплена матриця, а блок роликків обертається. Основним недоліком пресів-грануляторів з матрицями кільцевої конструкції є її складність за рахунок присутності приспособи для примусової подачі сировини до внутрішньої камери матриці, дорожнеча та складність виготовлення, підвищена зношувальність роликків і матриці внаслідок стрибкоподібної та нерівномірної подачі матеріалу [16].

Крім кільцевої матриці все більшого застосування знайшли механізми з матрицею плоскої форми (рис. 1.3). В ній сировина запресовується в канали плоскої матриці роликками, що обертаються. В результаті прокочування ролика над каналом матеріал в ньому ущільнюється і чергова порція матеріалу пресується у звільнений об'єм. Після цього в канали поступає нова порція сипучої сировини.

Преси з матрицею плоскої форми характеризуються простою конструкцією, зручністю в експлуатації і обслуговуванні, значним терміном безаварійної експлу-

атації та простотою технології виробництва матриць. В конструкції матриць канали бувають як постійного так і з перемінного перетину. Використовуючи канали змінного перетину під час процесу пресування нагрівається сама матриця, дозволяє змінювати реологічні характеристики речовин, що підлягають грануляції - роблять їх максимально пластичними що знижує енерговитрати виробництва гранул в цілому. Використання нагрівання під час пресування тирси з деревини веде до різкого зменшення величини питомих тисків за високих показників міцності та щільності вироблених гранул циліндричної форми [16].

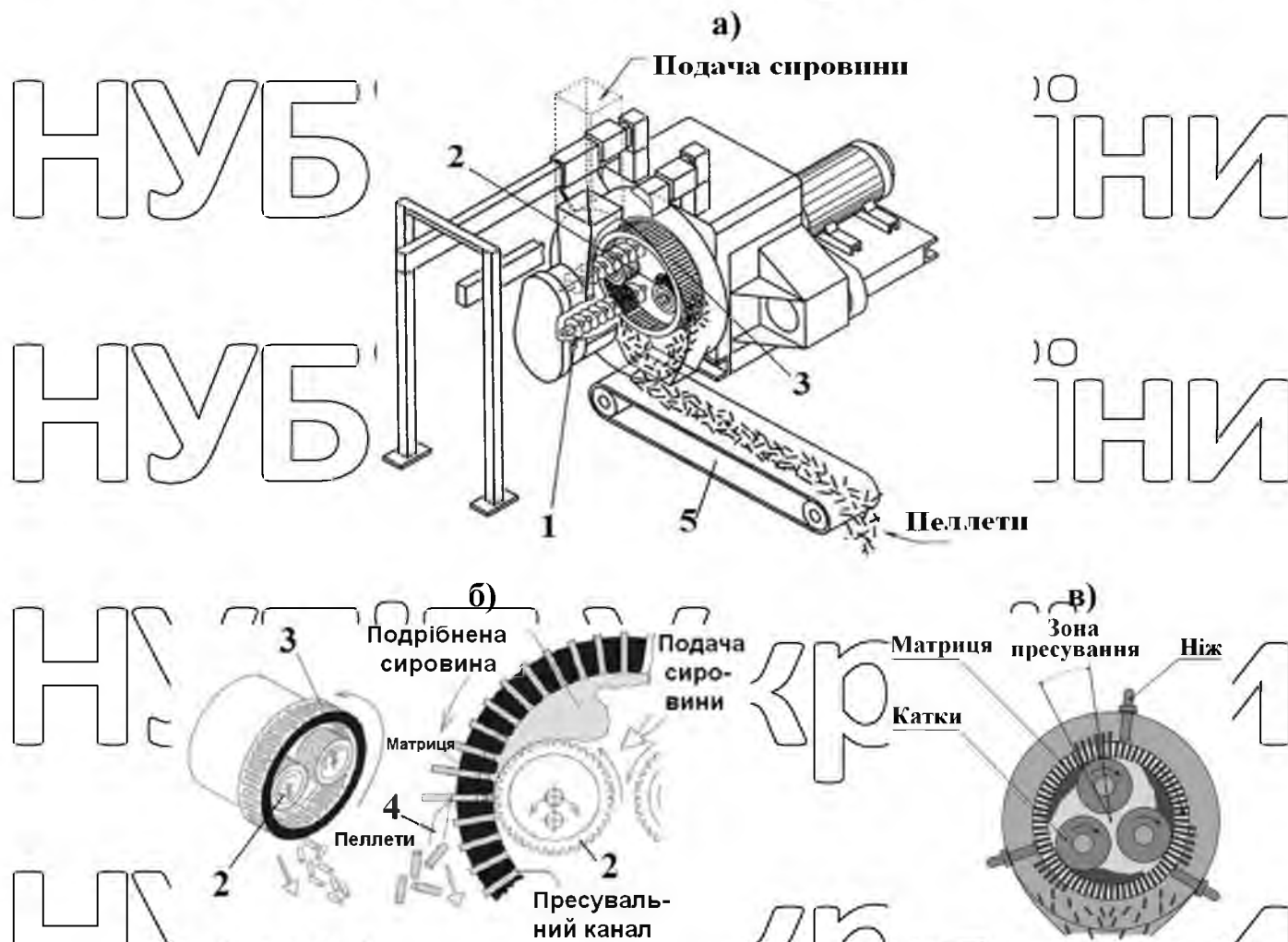


Рис. 1.2. Схематичне зображення роботи гранулятора з матриця круглої форми [15]: а – загальний вигляд гранулятора; б – матриця круглої форми; в – схема роботи матриця круглої форми; 1 – нагнітальний шнек; 2 – ролик; 3 – матриця круглої форми; 4 – ніж; 5 – стрічковий транспортер

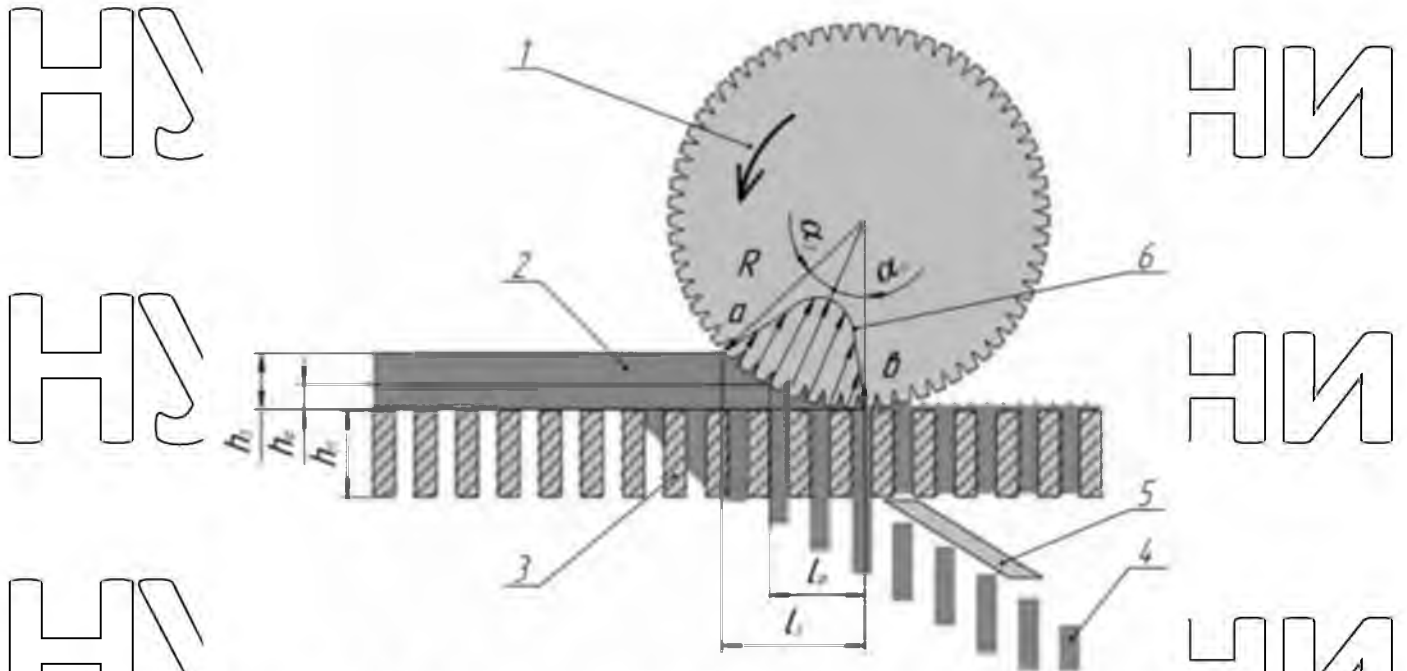


Рис. 1.3. Схематичне зображення продавлювання сировини через матричні канали [16]: 1 – валик; 2 – сировина; 3 – матричні канали; 4 – гранули; 5 – ніж; 6 – емпора розподілу напруг.

Висновки до розділу 1

При виготовленні паливних гранул сировину подрібнюють, сушать, змішують з вологою і ущільнюють; отримані гранули просіюють, охолоджують і фасують. Виготовляють паливні гранули шляхом екструзії через отвори матриць з подрібненої до розміру 1-2 мм сировини із вологістю 8-12%; матриці бувають плоскими і кільцевими.

РОЗДІЛ 2.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАНУЛЯТОРА З КІЛЬЦЕВОЮ МАТРИЦЕЮ ДЛЯ ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ В ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ»

ВИШГОРОДСЬКОГО Р-НУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛ.

2.1. Характеристика господарства

ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ» займається переробкою деревини з виготовленням токарних виробів (балясин, стовпів, навершів, ніжок, заглушок та ін.), погонажних виробів (вагонка, дошка-підлоги, блок-хаус тощо), які продаються в мережах будівельних супермаркетів Епіцентр, Леруа Мерлен Україна, виготовленням масажерів (які поставляються на експорт) [6; 31].

Територіально ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ» розміщене в с. Козаровичі Вишгородського р-ну Київської обл.

Щомісячно на лісопилці переробляється 1400 м^3 деревної сировини (як правило, сосни) [6; 31]. Оскільки щільність сосни становить 500 кг/м^3 , то щомісяця переробляється на фабриці $1400 \cdot 500 = 700000 \text{ кг}$ (700 т) сировини з деревини.

Первинна переробка деревини дає 12% відходів у вигляді тирси та 22% кускових відходів у вигляді рейки, горбиля, торців [4, с. 29]. Отже, при лісопилянні на брус та дошки утворюються наступні відходи:

– тирса – $500 \cdot 0,12 = 60 \text{ т/місяць}$;

– рейки, горбиля, торці – $500 \cdot 0,22 = 110 \text{ т/місяць}$.

Всього деревних відходів в ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ» отримується $60 + 110 = 170 \text{ т/місяць}$, які можна переробляти в паливні гранули. При 22 робочих днях протягом місяця і восьмигодинному робочому дні продуктивність гранулятора повинна становити:

$$\frac{170}{22 \cdot 8} = 0,97 \text{ т/год.}, \text{ або } 970 \text{ кг/год.}$$

2.2. Методика конструкційно-технологічного розрахунку гранулятора для

НУБІП України

2.2.1. Методика конструкційно-технологічного розрахунку гранулятора з кільцевою матрицею

НУБІП України

Конструкційно-технологічний розрахунок характеристик гранулятора наступний:

1. Визначаємо величину максимального осьового тиску пресування по основному рівнянню пресування [25]:

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

де P_{\max} – величина максимального осьового тиску пресування, МПа; e – значення основи натурального логарифму; C – значення параметра матеріалу, який характеризує опір матеріалу до стиснення і відповідає його структурно-механічним властивостям, встановлюється експериментально, МПа; a – значення параметра матеріалу, який характеризує опір матеріалу ущільненню і відповідає його структурно-механічним властивостям, встановлюється експериментально, $\text{м}^3/\text{кг}$; ρ_{\max} – величина максимальної щільності гранул, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_2 – показник щільності сировини, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Величина максимальної щільності гранул ρ_{\max} обирається з наступної умови. Під час процювання спресованого матеріалу через фільтр у зв'язку із зменшенням величини опору процювання, відбувається розширення сировини і, як наслідок, зменшується його щільність. Тому значення щільності матеріалу, що входить в канал, є максимальним і дорівнює [25]:

$$\rho_{\max} = b \cdot \rho_1, \quad (2.2)$$

де b – показник; ρ_1 – задана величина щільності гранул, $\text{кг}/\text{м}^3$.

2. Величина діаметра каналу пресування в матриці d_k менша від величини діаметра гранул d_1 , що утворюються в процесі гранулювання, тому що під час виходу спресована сировина розширюється. Величина діаметра каналу пресування в матриці розраховується за формулою [25]:

НУБІП України

$d_k = \frac{d}{c}$ (2.3)

де d_k – величина діаметра каналу пресування в матриці, м; d – величина діаметра гранул, м; c – значення коефіцієнта, що характеризує розширення матеріалу, що пресується, після виходу із пресувального каналу.

3. Площа перерізу фільтри матриці визначається за формулою:

$S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}$ (2.4)

де S_k – площа перерізу фільтри матриці, м²; d_k – діаметр фільтри матриці, м.

4. Визначимо довжину фільтри за формулою [25]:

$l = \frac{d_k}{4 \cdot \xi \cdot f} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{m-1} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{m-1}}} \right)$ (2.5)

де ξ – значення коефіцієнта бокового тиску сировини, м; f – значення коефіцієнта тертя сировини об стінки пресувального каналу, м; m – значення коефіцієнта, що залежить від сировини.

5. Розраховуємо значення площі робочої поверхні матриці по формулі [25]:

$S_2 = 2 \cdot B_m \cdot R_m \cdot \pi$ (2.6)

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

6. Розраховуємо кількість пресувальних каналів за формулою:

$Z = \frac{S_2 \cdot K_n}{S_k}$ (2.7)

де Z – кількість пресувальних каналів; K_n – значення коефіцієнта перфорації матриці.

7. Обираємо швидкість обертання матриці у відповідності з умовою $n_{\min} < n_m < n_{\max}$ [25].
 Значення мінімальної швидкості обертання матриці розраховуємо по формулі [25]:

$$n_{\min} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{R_m \cdot \sin \varphi}}, \quad (2.8)$$

де n_{\min} – значення мінімальної швидкості обертання матриці, c^{-1} ; φ – величина кута тертя сировини по поверхні ролика, рад.

Значення максимальної швидкості обертання матриці розраховуємо по формулі [25]:

$$n_{\max} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_p}{2 \cdot d_1 \cdot (l + R_m) \cdot \rho_{\max}}}, \quad (2.9)$$

де n_{\max} – значення максимальної швидкості обертання матриці, c^{-1} ; σ_p – показник міцності паливних гранул на розрив, Па.

8. Розраховуємо продуктивність гранулятора по формулі [25]:

$$q = 2 \cdot \pi \cdot H \cdot R_m \cdot d_k \cdot n_m \cdot Z \cdot z \cdot \rho_2, \quad (2.10)$$

де q – величина продуктивності гранулятора, кг/с; H – висота шару пресуючого матеріалу, який захоплює ролик під час процесу пресування, м; z – кількість роликів, шт.

9. Розраховуємо швидкість проходження спресованої сировини через матричну фільтру v_{np} по формулі [25]:

$$v_{np} = \frac{n_m \cdot Z \cdot H \cdot \rho_2}{\rho_{\max}}, \quad (2.11)$$

де v_{np} – значення швидкості руху спресованого матеріалу через матричні канали, м/с.

10. Розраховуємо фактичний термін перебування спресованої порції матеріалу в фільтрі матриці t [25] за виразом:

$$t = \frac{l}{v_{np}}, \quad (2.12)$$

де t – термін перебування спресованої порції сировини в пресуючому матричному

каналі, с.

11. Розраховуємо силу тертя під час руху монолітного матеріалу по каналу [25]:

$$F = f \cdot \xi \cdot P_{yn} \cdot \Pi_k \cdot l, \quad (2.13)$$

де F – величина сили тертя під час руху моноліту сировини по каналу, Н; f – значення коефіцієнта тертя сировини об стінки пресувального каналу; P_{yn} – величина тиску на упорі, Па; Π_k – величина периметру каналу пресування, м;

Значення тиску на упорі P_{yn} становить 0,4-0,45 від максимального [25]:

$$P_{yn} = (0,4 \dots 0,45) \cdot P_{max}, \quad (2.14)$$

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

Величина периметру каналу пресування Π_k розраховується по формулі:

$$\Pi_k = \pi \cdot d_k. \quad (2.15)$$

12. Розраховуємо потужність, потрібну для виконання процесу пресування. Визначаємо її як суму потужностей, потрібних для скидання сировини з поверхонь між каналами $N_{ск}$, для стискання сировини роликами $N_{ст}$ і прощтовхування спресованої сировини по матричному каналу $N_{пр}$ [25].

Величина потужності, необхідної для прощтовхування спресованої сировини $N_{пр}$, розраховується як [25]:

$$N_{пр} = 10^{-3} \cdot F \cdot v_{пр} \cdot Z_{ц}, \quad (2.16)$$

де $N_{пр}$ – величина потужності, необхідної для прощтовхування спресованої сировини, кВт; $Z_{ц}$ – кількість пресувальних каналів, в яких відбувається одночасне пресування, по дузі захвату.

Кількість пресувальних каналів $Z_{ц}$, в яких відбувається одночасне пресування, визначається по формулі [25]:

$$Z_{ц} = \frac{Z \cdot z \cdot \alpha}{360}, \quad (2.17)$$

де α – величина кута пресування.

Величина кута пресування α розраховується за формулою [25]:

$$\alpha = \frac{\beta \cdot r_p}{R_v} \quad (2.18)$$

де β – величина кута нахилу направляючих до лінії горизонту.

Величина кута нахилу направляючих до лінії горизонту β розраховується за формулою [25]:

$$\beta = \frac{\varphi}{1 + \psi_1} \quad (2.19)$$

Необхідно враховувати величину коефіцієнта корисної дії електропривода та можливі втрати потужності на пробуксовування роликів [25]:

$$N = \frac{K_\delta \cdot N_{np}}{0,85 \cdot \eta} \quad (2.20)$$

де N – значення загальної потужності електропривода прес-гранулятора, кВт; K_δ – значення коефіцієнта, враховуючого втрати потужності на пробуксовування роликів; η – ККД електропривода прес-гранулятора.

2.2.2. Методика розрахунку параметрів клинопасової передачі привода електродвигуна гранулятора з кільцевою матрицею

Розраховують клинопасову передачу за такими вихідними параметрами: величина потужності на ведучому валу; значення швидкості обертання на ведучому валу; значення швидкості обертання на веденому валу; значення передаточного числа пасової передачі; величина крутного моменту приводного вала.

Мінімальне значення розрахункового діаметра малого шківів обирають лише у випадку жорстких вимог, що пред'явлені до габаритів електроприводу. В решті випадків обирають один із стандартних величин діаметра після мінімального. Обираючи діаметр з стандартного ряду слід пам'ятати, що при менших значеннях діаметра шківів зменшуються габарити пасової передачі при збільшенні кількості ременів [40].

Значення розрахункового моменту на приводному валу у $T_{розр}$ визначається за формулою [25]:

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot N \cdot \eta}{n_1} \quad (2.21)$$
 де $T_{розр}$ – значення розрахункового моменту на приводному валу, Н·м; N – значення потужності двигуна, кВт; η – величина ККД двигуна; n_1 – швидкість обертів ротора електропривода, об./хв.

Передавальне число U без урахування ковзання визначають за формулою [40]:

$$U = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.22)$$
 де U – значення передавального числа; n_1 – швидкість обертів ротора електродвигуна, об./хв.; n_2 – швидкість обертів приводного вала, об./хв.

Діаметр веденого шківa D_2 з урахуванням відносного ковзання визначається за формулою [40]:

$$D_2 = UD_1(1 - \varepsilon), \quad (2.23)$$
 де D_2 – величина діаметра веденого шківa, м; D_1 – величина діаметра ведучого шківa, м; ε – показник ковзання.

Значення передавального числа U з урахуванням ковзання ε уточнюється за формулою [40]:

$$U = \frac{D_2}{D_1(1 - \varepsilon)}. \quad (2.24)$$

Перерахунок швидкості обертання приводного вала n_2 здійснюється за формулою [40]:

$$n_2 = \frac{n_1}{u}. \quad (2.25)$$

Міжосьова відстань a розраховується за формулою [40]:

$$\begin{aligned} a_{\min} &= 0,55(D_1 + D_2) + h \\ a_{\max} &= 2(D_1 + D_2) \end{aligned} \quad (2.26)$$
 де a – міжосьова відстань.

Розрахункова довжина ремня визначається за формулою [40]:

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} \quad (2.27)$$
 де L_p – значення розрахункової довжини ремня, м.

Діаметр валу під шків визначається за формулою:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{T_{розр}}{0,2[\tau]}} \quad (2.28)$$

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

Середнє значення діаметра шківів визначається за формулою [40]:

$$D_{cp} = 0,5(D_1 + D_2). \quad (2.29)$$

Розрахунок уточненого значення a , враховуючи стандартну довжину L , встановлюється за виразом [40]:

$$a = 0,25 \cdot \left[L - D_{cp} \pi + \sqrt{(L - D_{cp} \pi)^2 - 2(D_2 - D_1)^2} \right] \quad (2.30)$$

Кут обхвату меншого шківів встановлюється за формулою [40]:

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \frac{D_2 - D_1}{a} \quad (2.31)$$

де α_1 – величина кута обхвату меншого шківів, град.

Значення кутової швидкості визначається по формулі [40]:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60000} \quad (2.32)$$

де v – значення кутової швидкості, м/с.

Величина допустимого окружного зусилля одного реміня розраховуємо по формулі [40]:

$$[P] = P_0 C_\alpha C_L / C_{P2} \quad (2.33)$$

де $[P]$ – величина допустимого окружного зусилля одного реміня, Н; P_0 – величина окружного зусилля, що передається одним ремінем, Н; C_α – значення коефіцієнту, враховуючого дію кута обхвату; C_L – значення коефіцієнту, враховуючого дію довжини реміня; C_{P2} – значення коефіцієнту, враховуючого режим роботи.

Коефіцієнт C_α , враховуючий дію кута обхвату, визначається наступним чином [40]:

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1). \quad (2.34)$$

Коефіцієнт C_L , враховуючий дію довжини реміня, визначається по формулі [40]:

$$C_L = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{L}{L_p}} + 0,7. \quad (2.35)$$
 Величина окружного зусилля, що передається ремінною передачею, визначається за формулою [40]:

$$P = \frac{N}{v} \quad (2.36)$$
 де P – величина окружного зусилля, яке передає ремінна передача, Н; N – величина потужності привода, Вт; v – значення кутової швидкості, м/с.

Враховуючи те, що за великої кількості ременів, похибки їх розмірів і похибки розмірів канавок призводять до того, що натягування ременів відбувається з різними зусиллями, з'являються проковзування, зношування і, в результаті, втрата потужності. Таким чином рекомендується задіювати ремінні передачі, число ременів z у яких ≤ 6 [40].

Розрахункова кількість ременів визначається за формулою [40]:

$$z = \frac{P}{[p]} = \frac{7583}{1414} = 5 \text{ шт.} \quad (2.37)$$
 де z – значення розрахункової кількості ременів, шт.

Ширина обода шківів розраховується формулою [40]:

$$M = (z - 1) \cdot t + 2 \cdot s. \quad (2.38)$$

Спиці шківів мають еліптичний перетин. Величина відношення меншої осі перетину спиці до більшої осі $a/c = 0,4 \dots 0,5$. Значення умовної висоти (великої піввісі) перетину спиці в умовному діаметральному перетині за величини допустимої напруги для чавуна СЧ15 $[\sigma_{и}] = 30$ МПа, $a/c = 0,4$, крутного моменту T , що виражається в Н·мм, кількості спиць z розраховується по формулі [40]:

$$c = \sqrt[3]{\frac{T_{розр}}{0,4 \cdot x}} \quad (2.39)$$

де $T_{розр}$ – величина крутного моменту на валу, Н·мм; c – значення умовної висоти (великої піввісі) перетину спиці в діаметральному перетині шківів, мм; x – кількість спиць в колесі, шт.

2.3. Конструкційно-технологічний розрахунок гранулятора для виробництва паливних гранул з біомаси

2.3.1. Конструкційно-технологічний розрахунок гранулятора з кільцевою матрицею

Для деревних відходів величина параметра C за температури пресування 100°C дорівнює $0,55$ МПа, величина параметра $a = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. Показник насипної щільності деревної тирси приймаємо $350 \text{ кг}/\text{м}^3$ [25].

Відповідно до DIN 51731 показник насипної щільності паливних гранул обираємо $1300 \text{ кг}/\text{м}^3$. Значення коефіцієнта b обираємо $1,4$ [25].

Звідси значення максимальної щільності паливних гранул ρ_{\max} по формулі (2.2) дорівнює:

$$\rho_{\max} = 1,4 \cdot 1300 = 1820 \text{ кг}/\text{м}^3,$$

а величина максимального осьового тиску при пресуванні по основній формулі пресування (2.1) дорівнюватиме:

$$P_{\max} = 0,55 \cdot e^{0,058} \cdot (1820 - 400) = 813 \text{ МПа}.$$

Величина стандартного діаметра паливних гранул дорівнює 6 мм [41]. Значення коефіцієнта, враховуючого розширення матеріалу, що пресується, після виходу із пресувального каналу c , характеризує їх міцність. Чим нижче значення коефіцієнта c , тим менш міцні гранули. Коефіцієнт для міцних гранул дорівнює $1,15$ [25].

Тому величина діаметра пресувального каналу матриці d_k по формулі (2.3) становить:

$$d_k = \frac{0,006}{1,15} = 0,0052 \text{ м}.$$

Розраховуємо площу перетину пресувального каналу матриці по формулі (2.4):

$$S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0052^2}{4} = 0,000021 \text{ м}^2.$$

Значення коефіцієнту бокового тиску для деревної сировини обираємо $\xi=0,7$, значення коефіцієнту тертя сировини об стінки пресувального каналу $f=0,5$, значення коефіцієнту $m=2,426$ [25].

Отже довжина пресувального каналу по формулі (2.5) становитиме:

$$l = \frac{0,0052}{4 \cdot 0,1 \cdot 0,5} \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{2,426 - 1} \cdot \left(\frac{1400}{350} \right)^{2,426 - 1}} = 0,023 \text{ м} = 23 \text{ мм.}$$

Значення робочої ширини матриці прес-гранулятора дорівнює $B_p=120$ мм, величина внутрішнього діаметра матриці – 500 мм, значення діаметра роликів – 240 мм.

Матриця для прес-гранулятора комбікормів буде виготовлятися із легованої сталі марки 20Х і підлягати цементації в термопечі до досягнення твердості на поверхні металу та стінок каналів 50 HRC (як і сталі для підшипників) що гарантуватиме зносостійкість на весь термін експлуатації гранулятора. Ролики виготовлятимуться із такої ж сталі [5].

Матриця для прес-гранулятора деревної сировини буде виготовлятися із нержавіючої загартованої сталі марки X46CR13 вакуумної плавки і суцільною закалкою, що гарантує виробу відмінну жорсткість [20]. Нержавіюча мартенситна сталь марки 1.4034 або X46CR13 відповідно до європейської класифікації, характеризується високою міцністю і корозійною стійкістю.

Позначення сталі марки X46CR13 розшифровується таким чином: X означає леговану сталь, до складу якої входять додаткові компоненти, забезпечуючі їй особливі властивості, як запобігання корозії; 46 – означає вміст вуглецю в сплаві - 0,46%, він надає сплаву міцності; Cr – містить хром, який впливає на загар-

товуваність сплаву, надає антикорозійних властивостей і підвищує зносостійкість; 13 – вміст хрому в межах 12,5 – 14,5%. Вуглець в складі сталі надає матриці необхідну твердість (52-55 Нс по шкалі Роквелла), гарантує тривалий термін використання і опір корозії [12].

За формулою (2.6) площа робочої поверхні матриці становить:

$$S_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,12 \cdot 0,25 = 0,188 \text{ м}^2.$$

Обираємо значення коефіцієнта перфорації матриці прес-гранулятора K_p – 0,65 [25].

Тоді число пресувальних каналів матриці по формулі (2.7) становитиме:

$$Z = \frac{0,188 \cdot 0,65}{0,00002 \text{ м}} = 5731 \text{ шт.}$$

Оскільки величина кута тертя сировини по поверхні ролика φ дорівнює 0,87 рад [25], значення мінімальної частоти обертання матриці по формулі (2.8)

дорівнюватиме:

$$n_{\min} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,82}{0,25 \cdot \sin 0,87}} = 1,14 \text{ с}^{-1}.$$

Обираємо значення міцності гранул на розрив σ_p – 1,7 кПа [25]. Значення мінімальної швидкості обертання матриці по формулі (2.9) буде:

$$n_{\max} = \frac{1700}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,006 \cdot (0,023 + 0,25) \cdot 1820} = 2,69 \text{ с}^{-1}.$$

Виходячи з умови, що $n_{\min} < n_m < n_{\max}$ обираємо значення швидкості обертання матриці n_m максимальне і рівне 2,69 с⁻¹ (161 об/хв.).

Задаємо товщину шару сировини, яку захоплює ролик під час процесу пресування H , близько 0,003 мм. За цієї умови продуктивність прес-гранулятора по формулі (2.10) дорівнюватиме:

$$q = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,000003 \cdot 0,052 \cdot 0,25 \cdot 2,69 \cdot 5731 \cdot 2 \cdot 350 = 0,26 \text{ кг/с, або}$$

$$0,26 \cdot 3600 = 953 \text{ кг/год.}$$

Розраховуємо швидкість проходження спресованої сировини через фільтри матриці v_{np} за виразом (2.11):

$$v_{np} = \frac{3,69 \cdot 5731 \cdot 0,000003 \cdot 350}{1820} = 0,0089 \text{ м/с.}$$
 Розраховуємо фактичний термін знаходження спресованої маси матеріалу в фільтрі матриці t за виразом (2.12):

$$t = \frac{0,023}{0,0089} = 2,64 \text{ с.}$$
 Величина тиску на упорі P_{yn} дорівнює 0,4-0,45 від максимального [25]. Тоді за формулою (2.14) він становить:

$$P_{yn} = 0,45 \cdot 813 = 366 \text{ МПа,}$$

Периметр пресувального каналу матриці Π_k по формулі (2.15) становить:

$$\Pi_k = 3,14 \cdot 0,0052 = 0,016 \text{ м}^2.$$

Тоді величина сили тертя під час руху моноліту по фільтрі F по формулі (2.13) становить:

$$F = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 366 \cdot 10^6 \cdot 0,016 \cdot 0,023 = 7035 \text{ Н.}$$

Величину кута нахилу направляючих до лінії горизонту β за формулою (2.19) становить:

$$\beta = \frac{50}{1 - 0,43} = 87,2^\circ.$$

Величину кута пресування α по формулі (2.18) визначаємо:

$$\alpha = \frac{87,2 \cdot 0,12}{0,25} = 42,1^\circ.$$

Число пресувальних каналів $Z_{\text{ч}}$, в яких відбувається пресування одночасно, по формулі (2.17) дорівнює:

$$Z_{\text{ч}} = \frac{5731 \cdot 2 \cdot 42,1}{360} = 1341 \text{ шт.}$$

Потужність, що іде на проштовхування кріз канали спресованої сировини M_{np} , по формулі (2.16) становить:

$$M_{np} = 10^{-3} \cdot 7035 \cdot 0,0089 \cdot 1341 = 84 \text{ кВт.}$$

Потужність, що іде на стискання сировини роликком $N_{ст}$ і скидання її з проміжків між каналами $N_{ск}$ займає біля 15% від величини сумарної потужності (потужності, що витрачається і на стискання сировини, і на скидання її з проміжків між каналами і на проштовхування). Тобто, величина сумарної потужності прес-гранулятора дорівнює $N_{пр}/0,85$ [11].

Значення коефіцієнту, враховуючого втрати потужності на пробуксовування роликів K_6 рекомендовано прийняти 1,25, а ККД електропривода прес-гранулятора для пасової передачі $\eta=0,90-0,97$ [25].

Тому сумарна потужність на процес гранулювання по формулі (2.20) дорівнює:

$$N = \frac{1,25 \cdot 83,8}{0,85 \cdot 0,95} = 129,7 \text{ кВт.}$$

Приймаємо, що гранулятор буде мати привод від двох електродвигунів, величина потужності кожного з електродвигунів не може бути меншою $\sim 130/2=65$ кВт. Як відомо, найбільш доступні та найдешевші асинхронні електричні двигуни серії 4А. Швидкість обертання роторів у них перевищує 161 об/хв. Для роботи прес-гранулятора привод від електричного двигуна до матриці буде здійснюватись за допомогою ремінної передачі. Бажано обирати електродвигун з максимальною частотою обертання ротора. Як вказувалось вище, значення передавальних чисел пасових передач, які забезпечують привід гранулятора ГТ-500, знаходяться в межах 5-6. Отже, чим менше значення швидкості обертання валу електричного двигуна, тим менше значення передавального числа пасової передачі, а відповідно і менше значення діаметра шківів. Отже, обираємо величину частоти обертів валу двигуна – 500 об/хв.

Для привода гранулятора приймаємо електродвигун марки 4А315S10У3 величина потужності якого 75 кВт а частота обертання – 600 об/хв., який має ККД 92%. Вага електричного двигуна дорівнює 875 кг [38].

Габаритно-проектні параметри електричного двигуна 4А315S10У3 показані на рис. 2.1 і в табл. 2.1.

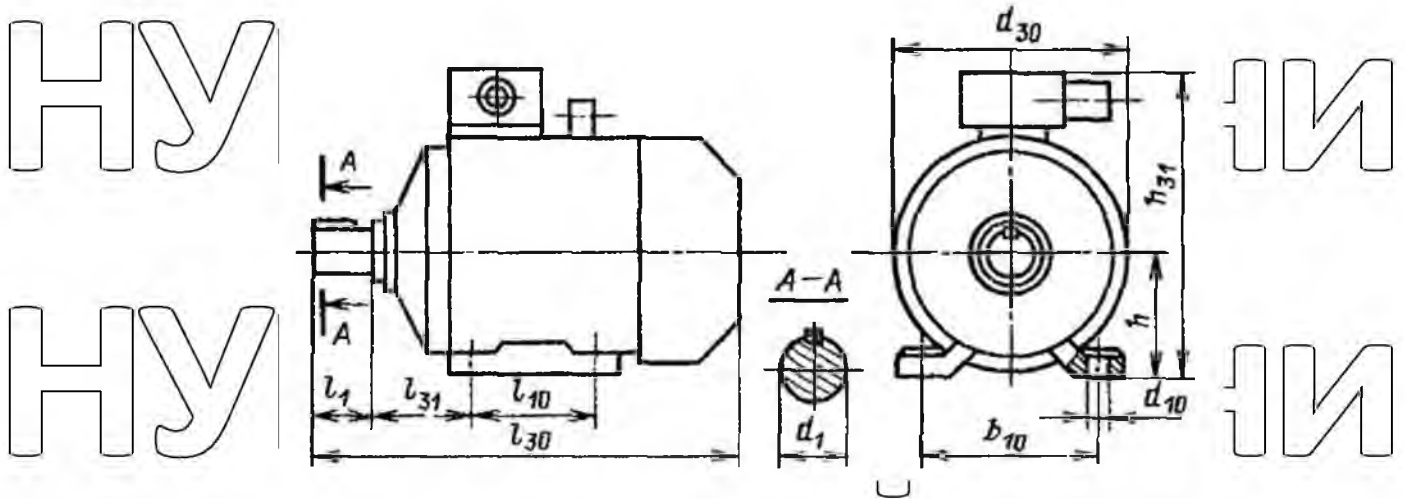


Рис. 2.1. Конструкція та габаритні-приєднувальні параметри електричного двигуна 4A315S10Y3 [38]

ного двигуна 4A315S10Y3 [38]

Таблиця 2.1

Габаритно-приєднувальні параметри електричного двигуна 4A315S10Y3 [38]

l_{30}	h_{31}	d_{30}	h_{21}	l_1	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_{10}	h
1256	764	680	545	160	408	212	94	26	506	874

2.3.2. Розрахунок параметрів клинопасової передачі привода електродвигуна гранулятора з кільцевою матрицею

Значення розрахункового моменту на приводному валу у $T_{розр}$ визначається по формулі (2.21).

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot 75 \cdot 0,92}{600} = 1098 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

У відповідності до величини розрахункового моменту на приводному валу із [9; 40] обираємо розміри паса (для гарантування довговічності паса обираємо шків більший на 1-2 номери): тип паса – Г, $D_1=316$ мм, значення допустимого моменту – 460-2400 Н·м; $b=32$ мм; $b_e=28$ мм; $h=19$ мм; $y_0=6,8$ мм, $F=474$ мм², корд – тканинний, $\varepsilon=0,02$ (рис. 2.2).

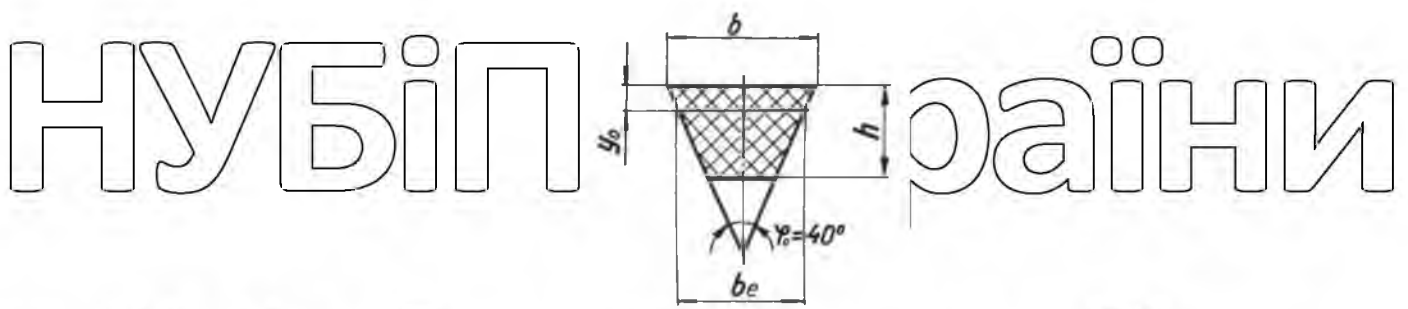


Рис. 2.2. Зображення перетину клинового паса [40]

Конструктивні розміри канавок шківів показані на рис. 2.3 і в табл. 2.2.

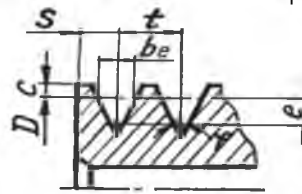


Рис. 2.3. Канавки під паса клинового перетину типу Г [40]

Таблиця 2.2

Конструктивні розміри канавок шківів для клинових пасів нормального перетину (в мм)

Тип шківа	C	e	t	s	h ₁
Г	8,2	20,1	37,2	24,4	19,8

Розраховуємо значення передавального числа U , не враховуючи ковзання за формулою (2.22).

$$U = \frac{600}{161} = 3,7.$$

Розраховуємо величину діаметра D_2 шківа веденого, враховуючи відносне ковзання, по формулі (2.13):

$$D_2 = 3,7 \cdot 315 \cdot (1 - 0,02) = 1150 \text{ мм.}$$

Із [40] обираємо найближчу стандартну величину D_2 , яка дорівнює 1180 мм.

Уточнюємо передавальне число U з враховуючи ковзання, ε за формулою (2.24):

$$U = \frac{1150}{315 \cdot (1 - 0,02)} = 3,8$$

Виконуємо перерахунок швидкості обертання приводного вала n_2 за формулою

(2.25):

$$n_2 = \frac{600}{3,8} = 157 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо міжосьову відстань a за формулою (2.26):

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (315 + 1150) + 19 = 841 \text{ мм}$$

$$a_{\max} = 2 \cdot (315 + 1150) = 2990 \text{ мм}$$

Обираємо значення, наближене до середнього, воно дорівнює 1915 мм.

Значення довжини паса розраховуємо по формулі (2.27):

$$L_p = 2 \cdot 1915 + \frac{\pi}{2} (315 + 1150) + \frac{(315 + 1150)^2}{4 \cdot 1915} = 4439 \text{ мм.}$$

Значення довжини паса обираємо із стандартного ряду – 4500 мм.

Діаметр вала для шківа ведучого за формулою (2.28) буде становити:

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{1098}{0,2 \cdot 10}} = 8,2 \text{ мм.}$$

Діаметр вала для шківа веденого за формулою (2.28) буде становити:

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{1098}{0,2 \cdot 18}} = 6,7 \text{ мм.}$$

Розраховуємо середню величину діаметра шківа за формулою (2.29):

$$D_{\varphi} = 0,5(D_1 + D_2) = 0,5 \cdot (315 + 1180) = 748 \text{ мм.}$$

Уточнюємо значення a , враховуючи стандартну довжину L за виразом

(2.30):

$$a = 0,25 \cdot \left[4500 - 748 \cdot 3,14 + \sqrt{(4500 - 748 \cdot 3,14)^2 - 2 \cdot (1180 - 315)^2} \right] = 981 \text{ мм.}$$

Визначаємо значення кута обхвата меншого шківа за формулою (2.31):

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \cdot \frac{1180 - 315}{981} = 129^\circ.$$

Розраховуємо величину кутової швидкості за формулою (2.32):

$$v = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 600}{60000} = 9,9 \text{ м/с.}$$

Із [40] інтерполяцією визначаємо окружне зусилля p_0 , яке передає один клиновий пас, при значенні $\mu=1$ і довжині L_0 . Значення окружного зусилля p_0 дорівнює 1660 Н.

Значення коефіцієнта C_{α} , враховуючого вплив кута обхвату, визначаємо за

формулою (2.34):

$$C_a = 1 - 0,003 \cdot (180 - 129) = 0,85.$$

Значення коефіцієнта C_L , враховуючого вплив довжини ремня, визначаємо за формулою (2.35):

$$C_L = 0,3 \frac{4500}{4439} + 0,7 = 1,0.$$

Значення коефіцієнта режиму роботи C_F обираємо із [40]. В умовах стабільного навантаження він дорівнює 1.

Тоді величина допустимого окружного зусилля для одного ремня по формулі (2.33) становитиме:

$$[p] = \frac{1660 \cdot 0,85 \cdot 1}{1} = 1414 \text{ Н.}$$

Розраховуємо величину окружного зусилля, яке передає пасова передача, за формулою (2.36):

$$P = \frac{75 \cdot 1000}{9,9} = 7583 \text{ Н.}$$

Розраховуємо кількість ремнів за формулою (2.37):

$$z = \frac{7583}{1414} = 5 \text{ шт.}$$

Шків зварної конструкції, виготовляється зі сталі Ст 3 [9].

Значення ширини обода по формулі (2.38) становить:

$$M = (5 - 1) \cdot 22,5 + 2 \cdot 17 = 124 \text{ мм.}$$

Шків вала ведучого має диск, товщина якого визначається у відповідності до діаметра вала електричного двигуна – 90 мм і дорівнює $e = 0,3 \cdot 90 = 27 \text{ мм}$.

У диску виконані технологічні отвори, вони також зменшують масу виробу.

Діаметр маточини шківа ведучого $d_{\text{мат}} = 1,6 \cdot 90 = 153 \text{ мм}$. Значення довжини маточини l обираємо в залежності від значення діаметра вала [40] – 85 мм.

Виконання шківа вала веденого – зі спицями. Оскільки величина діаметра шківа більша 500 мм, обираємо 6 спиць. Форма перетину спиці – еліптична.

Для розрахунків розмірів спиць узнаємо величину розрахункового моменту на веденому валу $T_{розр}$ по формулі (2.21):

$$T_{розр} = \frac{9550 \cdot 75 \cdot 0,92 \cdot 0,95}{157} \cdot 1000 = 3988138 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Параметри спиці біля зовнішнього діаметра шківів дорівнюють: $c_0=0,8c$, $a_0=0,8a$.

Умовна величина (велика напіввісь) перерізу спиці в місці умовного діаметрального перерізу шківів біля поверхні маточини по формулі (2.39) дорівнює:

$$c = \sqrt[3]{\frac{3988138}{0,4 \cdot 6}} = 118,45 \text{ мм.}$$

Розмір малої піввісі спиці біля поверхні маточини дорівнює: $a = 0,5 \cdot 95,76 = 47,58 \text{ мм.}$

Розмір спиці біля зовнішнього діаметра шківів дорівнює:

$$c_0 = 0,8 \cdot 118,45 = 94,86 \text{ мм,}$$

$$a_0 = 0,8 \cdot 47,58 = 37,92 \text{ мм.}$$

Висота спиці дорівнює $i = h_1 + 0,03 \cdot M = 14,2 + 0,02 \cdot 134 = 17 \text{ мм.}$

Величина діаметра маточини веденого шківів за $d_d = 120 \text{ мм}$ дорівнює $d_{мат} = 2 \cdot 130 = 240 \text{ мм}$. Значення довжини маточини l обираємо в залежності від величини діаметра вала із [40] – 180 мм.

Висновки до розділу 2

1. Гранулятор для виробництва паливних гранул з відходів лісопиляння в ТОВ «ЛА СУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл. має наступні конструкційно-технологічні параметри:

- продуктивність – 953 кг/год;
- діаметр пелет – 6 мм;
- довжина фідери (товщина матриці) – 23 мм;
- робоча ширина матриці і ролика – 120 мм;
- діаметр ролика (зовнішній) – 120 мм;

– діаметр матриці (внутрішній) – 500 мм;
– кількість фільтрів в матриці – 5731 шт.;
– кількість роликів – 2 шт.;

– частота обертів матриці – 157 об./хв.

2. Гранулятор має привод від двох електричних двигунів 4A315S10У3 з потужністю 75 кВт кожен і з частотою обертів 600 об/хв. через клинопасову передачу з наступними конструкційними параметрами:

– передавальне число – 3,8;

– діаметр D_1 ведучого шківів – 315 мм;

– діаметр D_2 веденого шківів – 1180 мм;

– шківів зварні, матеріал – сталь Ст3;

– довжина пасу – 4500 мм;

– тип пасу – Г;

– кількість на шківі канавок під ремені – 5 шт.;

– шків ведучого валу з диском товщиною 27 мм має довжину маточини 85 мм, діаметр маточини – 153 мм;

– шків веденого валу має 6 спиць еліптичного перетину із малою піввіссю

спиці при маточині 47,38 мм, малою 118,45 мм, малою піввіссю по зовнішньому діаметрі шківів – 94,76 мм, великою – 37,9 мм, висота ребра спиці – 17 мм; діаметр маточини веденого валу – 240 мм, довжина маточини – 180 мм;

– обод шківів має ширину 124 мм.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ДЕРЕВНИХ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

3.1. Конструкція калориметричної бомби

Експериментальні дослідження теплоти згорання деревних паливних гранул передбачено здійснювати на калориметрі кафедри теплотехніки НУБіП України відповідно до ГОСТ147–195 (ISO 1928-76) "Паливо тверде мінеральне. Визначення вищої теплоти згорання і визначення нижчої теплоти згорання".

Теплота згорання встановлюється за підвищенням температури води.

Калориметр (рис. 3.1) складається з кожуха 3 із подвійними стінками. Простір між стінками кожуха заповнюється масою, що зберігає внутрішню порожнину від випадкових коливань температури повітря в приміщенні.

Всередині кожуха на ізолюючій підставці міститься калориметрична посудина 2, в яку через кришку 5 опускається механічна мішалка 6 та термометр змінного або постійного наповнення 4 з ціною поділок $0,01^{\circ}\text{C}$. Приводиться в дію мішалка від електричного двигуна 7.

Калориметричну посудину заповнюють лише певною кількістю води. В воду, на дні калориметричної посудини 2, встановлюють калориметричну бомбу 1. Конструкція калориметричної бомби наведена на рис. 3.2.

Калориметрична бомба являє собою циліндричну товстостінну посудину 1 із нержавіючої сталі, яка закривається кришкою 3, що затягується гайкою накидною 2. На кришці бомби розміщені два клапани випуску 7 і випуску 6 газів. Випускний клапан з'єднаний з трубкою 8, що на 15-20 мм не доходить до дна калориметричної бомби. Випускний клапан з трубкою від корпусу кришки ізолюваний втулкою. В кришку з внутрішньої сторони вставлений штифт струмоведучий 9, який закінчується кільцем металевим 5, в який встановлюється тигель металевий 10.

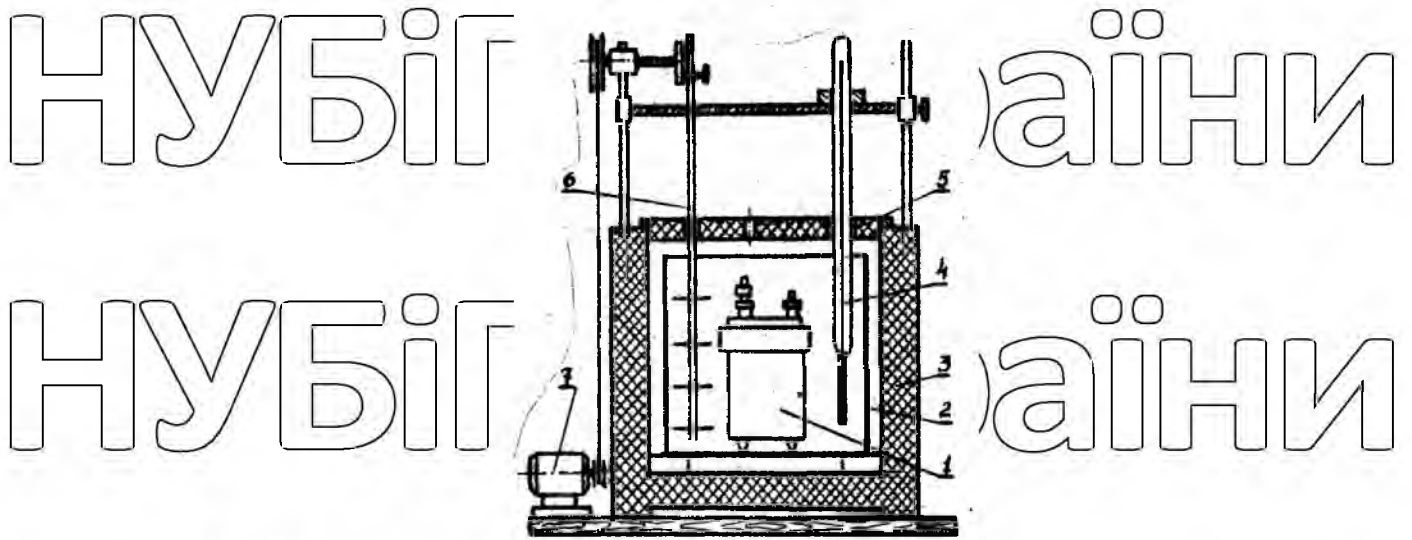


Рис. 3.1. Схема лабораторної калориметричної установи: 1 – бомба калориметрична; 2 – посудина калориметрична; 3 – кожух; 4 – термометр; 5 – кришка; 6 – мішалка механічна; 7 – двигун електричний

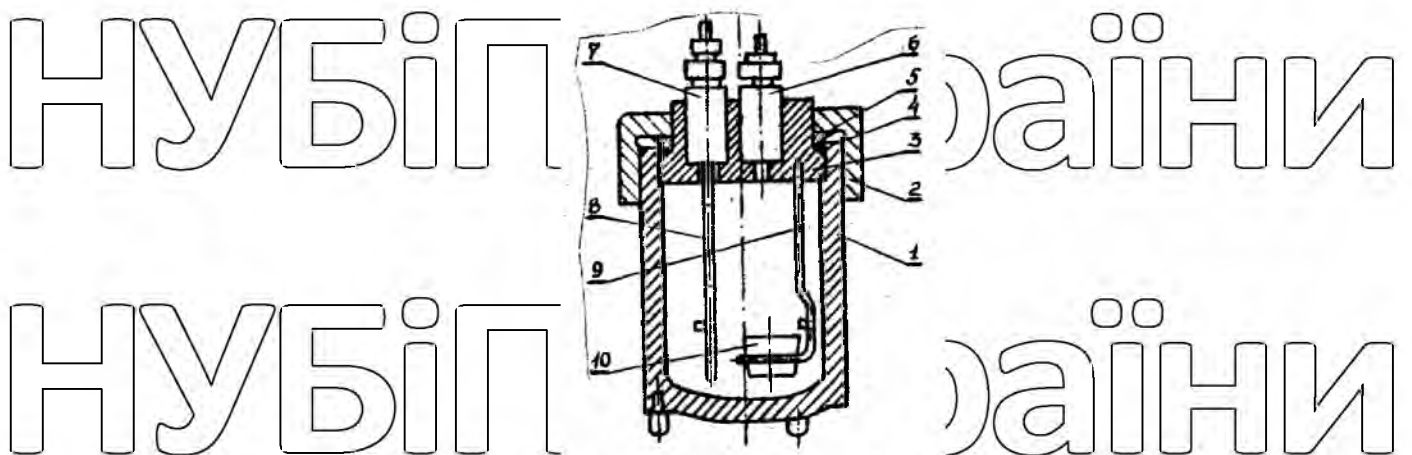


Рис. 3.2. Конструкція калориметричної бомби: 1 – посудина циліндрична товстостінна; 2 – гайка накидна; 3 – кришка; 4 – кільце ущільнювальне; 5 – кільце металеве; 6, 7 – клапани випуску і впуску газів; 8 – трубка; 9 – штифт струмоведучий; 10 – тигель металевий

На дно бомби заливається 1,0 мл води дистильованої.

Займання палива здійснюється за допомогою запалу, який займається в кисневій атмосфері при подаванні електричного струму напругою 8-12 В. Проводи зацукцелювання від трансформатора приєднані: один – до кришки впускного клапана,

інший – до кришки випускного клапана.

Наважку палива із запалом розміщують в тиглі 10 на прожареному волокнистому азбесті. Запал представляє собою дріт довжиною 12 см. Кінці запалу піддані до виступів на штифті і впускній трубі, що підтримує тигль. Гумове ущільнювальне кільце 4 забезпечує герметичність бомби.

При збільшенні тиску кришка калориметричної бомби піднімається вгору і притискає гумове кільце.

3.2. Програма і методика експериментальних досліджень

Програмою експериментальних досліджень теплоти згорання деревних паливних гранул передбачається встановлення теплоти згорання паливних гранул з деревни.

Методика експериментальних досліджень теплотворності деревних паливних гранул на калориметрі наступна [3].

1. Підготовка наважки палива. Паливні гранули подрібнюються в порошок. Перед зважується тигль, потім наважка палива (0,9-1,5 г) з тиглем. Для визначення точної ваги запалу на аналітичних вагах зважується спільно 10-15 запалів і обчислюється середня маса одного запалу.

2. Підготовка калориметричної бомби. Потрібно переконатись в комплектності кришки бомби і склянки (вони повинні мати однаковий номер). Щеткою або мірним циліндром потрібно набрати 1 мг води дистильованої і її влити на дно калориметричної бомби. Наважку палива поміщають в тигль, а кінці запалу приєднують до виступів контактних. В процесі спалювання наважки у вигляді порошку приєднуються кінці запала до контактів, а середня витягнута його частина заглиблюється у порошок палива. Обережно із підставки знімається кришка бомби, встановлюється на склянку, нагвинчується накидна гайка до упору. Випускний клапан закривається ключем. Щільно приєднується до випускного клапана кришки штуцер кисневої трубки. Наповнюється бомба киснем, обережно повертаючи вентиль редуктора і кисневого балона, одночасно спостерігаючи за на манометрі тиском,

який доводиться до 24-30 атм, (при низькій теплоті згорання палива - до 36 атм).

У разі досягнення потрібного тиску закривається спочатку впускний вентиль бомби, потім – вентилі баллона, після чого відключається кисневопідвідна трубка.

3. Порядок підготовки калориметричної установки до використання. З установки знімається термометр і встановлюється в затискач суміжної установки. З

кожуха знімається кришка і демонтується мішалка, роз'єднаючи її штангу з приводом. Виймається калориметрична посудина й заповнюється визначеним об'ємом дистильованої води. Для вимірювання необхідного обсягу води наявний

мірний циліндр місткість якого 2500 мл. Обсяг води не допускається перевищу-

вати від встановленої норми більше 1,0 мл. Записується обсяг влитої води. Вста-

новлюється калориметрична посудина всередині кожуха на ізолюючій підставці й перевіряється його центрування. Обережно з підставки виймається бомба й

встановлюється у воду в центр калориметричної посудини. Рівень води встанов-

люється на середині гайок кріплення гілчастих вентилів. Мішалка встановлю-

ється на своє місце. Контакти бомби присдиуються до провoda запалювання і кришка кожуха закривається. Провертається привод мішалки для переконання її

правильної установки і відсутності контакту з стінками калориметричної посу-

дини та бомби. Термометр в затискачі встановлюється так, щоб кулька ртуті була

зануреною у воду. Впевнюються, що ртутний показник термометра близький до

нуля. В випадку необхідності в резервуарі термометра регулюється кількість

ртуті. Установка вмикається в мережу. Запускається мішалка за допомогою рео-

стата і досягається частота обертання мішалки для перемішування біля 1 об/с.

Дається можливість попрацювати мішалці 5-7 хв поки в системі калориметра не

вирівняється температура.

4. Проведення дослідження. Дослід розділяють на три етапи:

– початковий етап – до спалювання наважки; він необхідний для визна-

чення теплообміну в калориметричній системі з оточуючим середовищем при

початковій температурі випробування,

– головний етап – на протязі якого проходить процес згорання наважки й

тепло передається калориметричній системі;

– кінцевий етап – проводиться облік теплообміну установки з оточуючим середовищем при кінцевій температурі випробування

До початку досліду спостерігаючи температуру на термометрі, переконуємось, що показники температури води в посудині калориметра постійна або змінюється рівномірно. На початковому етапі досліду проводять одинадцять фіксацій температури по шкалі термометра з інтервалом 30 с з точністю 0,01°C.

Результати фіксування заносять до табл. 4.1 у перший стовпчик. Після одинадцятого відліку включають на 1-2 с запалювання та фіксують останній показник етапу першим номером у другому стовпчику таблиці. Потім знову вмикається за-

палювання і починається головний етап дослідження. На протязі цього етапу продовжується послідовний відлік температури з періодичністю 30 с до того часу, поки температура не зупинить зростання. Як бачимо, кількість періодів на цьому етапі наперед не відомо. Що температура не зростає свідчать повторні показники термо-

метра. Після повторення одних показників температури трикратно, головний етап вважаємо закінченим та показники записуються у перший у третій стовпчик таблиці. Так само відбувається і кінцевий етап досліду, у якому так же проводиться одинадцять послідовних відліків з періодичністю 30 с і фіксація в таблиці. Цей етап дослід закінчує.

5. Демонтаж установки. Зупиняється мішалка, знімаються термометр і кришка кожуха. Відєднуються провoда для запалювання. За кінці контактів з калориметра виймається бомба і обережно встановлюється в підставці. Ключем у

бомбі відкривається випускний клапан і на протязі 4-5 хв повільно випускаються гази. Бомба звільняється від продуктів згоряння, відгвинчується гайка, вийма-

ється кришка й переноситься на підставку. З контактів знімаються залишки запала та вимірюється в сантиметрах їх довжина. Видаляються шлаки із мірної чашечки. Склянка бомби ретельно мисться під краном і витирається насухо. Кри-

шка, гайка й склянка бомби встановлюється в підставку, а мішалка й калориметрична посудина – в корпус калориметра. Дослід вважається закінченим.



Рис 3.3. Калориметр (вид збоку)



Рис 3.4. Калориметр (вид зверху)



Рис 3.5. Підключення електродів



Рис 3.6. Мішалка

3.3. Методика обробки результатів експериментальних досліджень

Обробка показань калориметричного досліду проводиться за формулою:

$$Q_{ca}^a = \frac{KN[(T+h)-(T_0+h_0)] + \Delta N - \sum q_{pr}}{a} \quad (3.4)$$

де Q_6^a – величина теплотворної спроможності по аналітичній пробі, МДж/кг; K – значення еквіваленту калориметричної установки (дані попередніх досліджень); T – значення кінцевої температури головного етапу, °С; T_0

– значення початкової температури головного етапу, °С; h – величина поправки на калібр термометра при показнику температури T ; h_0 – величина поправки на калібр термометра при показнику температури T_0 ; H – показник градуса термометра Бекмана (використовуючи спеціальний калориметричний термометр $H=1,000$); a – величина наважки палива, г; Δt – значення поправки теплообміну калориметра з оточенням; b – показник маси запалу, г; q – значення теплоти згорання запалу, кал.

Значення теплоти згорання 1 г запалу для металеві проволочки дорівнює 1600 кал, для проволочки нікельованої – 775 кал, для бавовняної нитки – 4000 кал.

Підрахунок величини поправки на процес теплообміну калориметричної системи з оточенням розраховується за виразом:

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

де Δt – величина поправки на процес теплообміну; V – значення середньої змінної температури за півхвилинний проміжок в початковому періоді, °С; V_1 – середня зміна температури за інтервалу 30 с на кінцевому етапі, °С; m – кількість півхвилинних інтервалів головного етапу за швидкого росту температури, до якого належить і перший інтервал незалежно від значення росту температури; r – кількість півхвилинних інтервалів головного етапу з повільним ростом температури.

Середній показник зміни температури за півхвилинний інтервал на початковому етапі V розраховується за формулою:

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

де t_0 – показник початкової температури початкового етапу, °С; t_n – показник кінцевої температури початкового етапу, °С; n – число записів відліку з інтервалом у півхвилини, шт ($n=10$).

Значення середньої зміни температури за 30-секундний інтервал на кінцевому етапі V_1 розраховується за формулою:

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

де t_0 – значення початкової температури кінцевого етапу, °С; t_n – значення кінцевої температури кінцевого етапу, °С; n – число записів відліку з інтервалом у півхвилини шт ($n=10$).

Розраховуючи величини V і V_1 , щоб запобігти помилці в розрахунках цих значень (+, -), потрібно фіксувати наступний відлік починаючи з попереднього, напр., десятий починати з першого, а тридцять перший – з двадцять першого. Якщо значення наступного відліку менше ніж попереднє, величину V і V_1 отримують зі знаком «плюс», а якщо це значення більше – із знаком «мінус», отже від'ємний знак отримаємо у випадку, коли калориметрична установка сприймає теплоту з навколишнього оточення, цю величину необхідно відняти з отриманих результатів дослід.

3.4. Результати експериментальних досліджень

Для аналізу показників теплотворної здатності деревних паливних гранул визначені наступні показники:

- вага наважки матеріалу – 1 кг;
- вага матеріалу для запала – 0,144 кг;
- значення вологості – 10%;
- значення еквіваленту калориметричної установки $K=1645,6$;
- показник теплоти згорання запалу $q = 1600$ кал;
- показник градуса при використанні спеціального калориметричного термометра $H = 1,000$;
- величина поправки h на калібрування термометра за температури T (0,01);
- величина поправки h_0 на калібрування термометра за температури T_0 –

0,003.

Отримані результати калориметричного вивчення значень теплотворної здатності гранул, отриманих з деревни, показані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати калориметричного вивчення значень теплотворної здатності гранул, отриманих з деревни

№	Температура, °С		
	Початковий період	Головний період	Кінцевий період
0	26,6	26,4	28,05
1	26,6	26,5	28,05
2	26,6	26,59	28,05
3	26,6	26,68	27,0
4	26,6	26,8	26,95
5	26,55	26,95	26,9
6	26,5	27,05	26,85
7	26,45	27,3	26,8
8	26,45	27,48	26,75
9	26,4	27,65	26,72
10	26,4	27,88	26,68
11	26,35	28,05	26,65

Значення середньої зміни температури за проміжок у пів хвилини початкового періоду V дорівнює:

$$V = \frac{26,6 - 26,35}{10} = 0,025$$

Значення середньої зміни температури за проміжок у пів хвилини кінцевого періоду V дорівнює:

$$V = \frac{28,05 - 26,65}{10} = 0,04$$

Кількість проміжків у пів хвилини головного періоду при швидкому підйомі температури m дорівнює 4, кількість проміжків у пів хвилини головного періоду при повільному підйомі температури r становить 7.

Тоді величина поправки на процес теплообміну калориметричної системи з

довкіллям Δt буде:

$$\Delta t = \frac{0,025 + 0,041}{2} \cdot 4 + 0,041 \cdot 7 = 0,41^\circ\text{C}.$$

Значення теплоти згорання паливних гранул, виготовлених з деревини,

становитиме:

$$Q_6^a = \frac{1646,5 - 1 \cdot [(25,3 + 0,011) - (26,95 + 0,003) + 0,41] - 1600 \cdot 0,144}{1} = 3175 \text{ кКал/кг.}$$

Для переведення значення з кКал/кг в кДж/кг отриману величину множим на 4,19:

$$Q_6^a = 3175 \cdot 4,19 = 13401 \text{ кДж/кг} = 13,4 \text{ МДж/кг.}$$

Значення теплоти згорання паливних гранул, виготовлених з деревини, вологість яких 10% дорівнює 13,4 МДж/кг.

Висновки до розділу 3

Теплота згорання деревних паливних гранул, встановлена на калориметричній установці, складає 13,4 МДж/кг.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

НУБІП України

4.1. Аналіз виробничих небезпек при виробництві паливних гранул

В умовах підприємства з виробництва паливних гранул можливе виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів впливу на людину, до яких можна віднести [19]:

- машини та механізми, що рухаються;
- заготовки, вироби, сировина, що підлягає транспортуванню (перемішуванню);
- рівень напруги в електромережах, що спроможний призвести до загрози життю людей;
- рівень шуму вищий за допустимий;
- рівень вібрації вищий за допустимий;
- умови підвищеної пожежонебезпеки;
- умови підвищеної вибухонебезпеки.

Джерелом шкідливих та небезпечних факторів можуть бути [19]:

- небезпечна величина напруги – при роботі електромереж та електричного обладнання;
- підвищений рівень шуму – робота прес-грануляторів, дробарок, охолоджувачів, просіювачів, сушарок;
- підвищений рівень вібрації - робота прес-грануляторів, дробарок, охолоджувачів, просіювачів, сушарок;
- підвищений рівень пожежонебезпеки – можливість самозаймання гранул чи деревного пилу;
- підвищений рівень вибухонебезпеки - можливість вибуху деревного пилу.

Вивчення виробничих небезпек на підприємстві з отримання паливних гранул та методи запобігання їм показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Аналіз небезпек при роботі з гранулятором, можливі наслідки та заходи запобігання небезпечним ситуаціям

Найменування технологічного процесу	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
Гранулювання біомаси	<ol style="list-style-type: none"> Підвищена запиленість Підвищена запиленість Відсутні запобіжні кожухи на обертових деталях гранулятора Недостатнє освітлення робочого місця Збільшений рівень вібрації і шуму 	<ol style="list-style-type: none"> Працівник вдихає дрібнодисперсний пил Працівник користується відкритим полум'ям Поява працівника в зоні дії обертових деталей гранулятора Знаходження працівника в зоні недостатнього освітлення робочого місця Знаходження працівника в зоні підвищеного шуму та вібрації 	<ol style="list-style-type: none"> Працівник знаходиться в запиленому місці Працівник знаходиться в запиленому місці з відкритим полум'ям Потрапляння працівника в зону дії деталей гранулятора, що обертаються Працівник не бачить наявності небезпечних факторів внаслідок недостатньої освітленості Шкідливо впливають на організм людини 	<ol style="list-style-type: none"> Виробниче захворювання Травма внаслідок вибуху пилу Виробнича травма Виробнича травма Виникнення професійного захворювання 	<ol style="list-style-type: none"> Встановлення системи аспірації, використання ЗІВ Заборона користування відкритим полум'ям, встановлення системи аспірації Встановлення на обертових деталях гранулятора запобіжних кожухів Підвищення до нормованого значення рівня освітлення Встановлення системи вібродемферування і віброзахисту гранулятора

4.2. Розробка інструкції з безпеки праці при виробництві паливних гранул

Інструкції до охорони праці в умовах виробництва паливних гранул базуються на основі нормативного документа НПАОП 27.4-7.08-88 [19].

4.2.1. Загальні установки

Технічні виробничі процеси, експлуатація та обслуговування механізмів повинна здійснюватися відповідно технічній документації, яка розроблена в визначеному порядку, яка встановлює умови для безпечного виконання роботи.

Весь перелік технологічного обладнання та його оснащення, що перебуває в експлуатації, повинен мати нормативну експлуатаційну документацію, яка відповідає ГОСТ 2.601-68. Порядок та види документації визначає підприємство.

Всі роботи, які виконуються на технічному обладнанні, повинні забезпечуватися розробленими інструкціями техніки безпеки, та затверджуватися в визначеному порядку.

Окремі вимоги інструкцій, виконання яких потребує значних капітальних затрат або затрат часу, в приміщеннях (ділянках), де відбувається виробництво гранул, повинні здійснюватися в строки, визначені адміністрацією підприємства та профспілками сумісно з територіальними організаціями пожежного та санітарного нагляду. Перед виконанням цих заходів керівництво підприємства зобов'язане гарантувати безпечність роботи шляхом організації необхідних технічних заходів [19].

4.2.2. Розробка вимог до виконання технології

Технологічні умови отримання і подальшої обробки гранул повинні проходити у відповідності до вимог встановлених нормативно-технічних документів у цій галузі для створення безпечних умов праці і контролювати:

- безпечність механізації та автоматизації процесів;

- перевірку герметизації обладнання;

- безпечність механізацію ручної праці;

- виконувати заміну токсичних препаратів на нетоксичні або менш токсичні.

Технологія отримання паливних гранул повинна бути механізованою, за виключенням тих операцій, для виконання яких відсутнє відповідне технічне рішення.

Всі складові установок лінії, де виробляються паливні гранули, підлягають перевірці до початку роботи і очищаються після закінчення кожного циклу. Правила очищення та перевірки повинні бути зазначені в технологічних інструкціях.

При недотриманні норм контролюваних показників, зазначених в інструкціях, обладнання негайно автоматично або обслуговуючим оператором повинно бути відключене від джерел живлення, а на пульт керування подаватися звуковий та світловий сигнали.

Не допускається робота обладнання з отримання деревних гранул за несправності будь-якого захисно-сигнального блокування або контрольно-вимірювального приладу.

У інструкціях з експлуатації, приписах щодо техніки безпеки та інших технологічних нормативах для інженерного та технічного складу і робітників підприємства повинні бути вказані всі умови використання, обслуговування та ремонту механізмів для отримання деревних гранул, зазначені правила експлуатації обладнання, недопущення можливих небезпек, правила дії в аварійних ситуаціях.

4.2.3. Розробка вимог до виробничого обладнання

Підприємства та організації до переліку обладнання яких належать дані механізми, повинні мати плани міроприємств щодо укомплектування даного обладнання автоматичними блокувальними системами.

Обладнання, яке має робочі органи, розміщені у верхній частині установки,

слід забезпечити майданчиками, які огорожуються поручнями висота яких більша одного метра, суцільно обшитих по низу на висоту більшу 100 мм.

Сходи та настил обслуговуючих майданчиків повинні бути виконані з рифленої сталі. Ширина сходів повинна бути не меншою 500 мм, віддаль між сходинками не більшою 250 мм, ширина сходинки - не меншою 240 мм, величина кута нахилу до лінії горизонту не більшою 60 град.

Відкриті приямки також повинні бути огорожені поручнями висота яких не менша одного метра, суцільно обшитими по низу висотою не меншою 100 мм.

Приямки необхідно оснащувати стаціонарними світильниками з величиною напруги не вищою 42 В у відповідності з «Правилами встановлення електроустановок ПУЕ-85».

Всі приямки обладнуються сходами, які огорожуються поручнями і мають плоскі сходинки, ширина яких не менша 120 мм, виготовлені вони із рифлених сталевих листів або гладких листів з рельєфною наплавкою.

4.2.4. Розробка вимог до місць управління

Пульты керування слід розміщувати в місцях, забезпечених хорошим оглядом, вони гарантують безпеку роботи оператора.

Пристрої ручного управління на пультах керування необхідно встановлювати з забезпеченням максимальних зручностей для оператора.

4.2.5. Розробка вимог до стану виробничих приміщень

Підлоги в виробничих приміщеннях повинні виконуватись з матеріалів, які не створюють пил і не допускають можливість іскроутворення.

Розміщення проходів у складських та виробничих спорудах повинне гарантувати безпечний прохід до матеріалів та робочих місць.

На робочих місцях виробництва паливних гранул, де можливе утворення і

скупчення пилу, необхідно організувати прибирання у відповідності до затвердженої адміністрацією інструкції з вказаними відповідальними за підтримку чистоти на даній ділянці особами.

4.2.6. Розробка вимог до повітряного середовища.

Показники концентрації пилу виробничих приміщень не мають перевищувати гранично допустимі значення.

Потреба в вентиляційних системах або окремих вентиляторах вказана в санітарних нормах для конкретних виробничих приміщень, значеннями гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин на робочих місцях, а в працюючих цехах - фактичними умовами праці, що базуються на метеорологічних дослідженнях, факторах теплових випромінень та характеристик повітряного середовища (запиленість, загазованість, задимленість).

У виробничих цехах з отримання гранул характеристики повітрообміну повинні встановлюватися з врахуванням видалення надлишків тепла, шкідливих газів та пилу нижче до гранично допустимих показників. Необхідно проводити перевірку ефективності роботи вентиляційних систем за графіком, що затверджується головним інженером підприємства і узгоджується з санітарно-епідеміологічними організаціями (СЕС).

Необхідно організувати очищення викидів від шкідливих складових.

4.2.7. Розробка вимог до освітлення.

Скло у віках виробничих приміщень слід мити не менше одного разу в рік.

Контрольні вимірювання показників освітленості перевіряють з періодичністю двох разів на рік, відповідно до графіка, затвердженого головним інженером організації.

4.2.8. Розробка вимог до транспортування та вихідних сировини та готової

продукції

НУБІП України

Вихідна сировина, матеріали мають складуватися в спеціально визначених місцях.

Вироблені гранули повинні складуватися в герметичних ємностях у відповідності до технологічної інструкції.

НУБІП України

На складських майданчиках для сировини і отриманої продукції повинні передбачатися проїзди і проходи. Розміри проходів між складеними матеріалами повинні бути не меншими 1 метра. У випадку роботи автотранспорту і електротранспорту проходи збільшуються відповідно до габаритів транспорту.

НУБІП України

4.2.9. Розробка вимог до монтажу виробничого обладнання

Розміщення механізмів повинно гарантувати безпеку обслуговування, послідовність технологічних операцій, виключати перехресні, зустрічні чи зворотні потоки транспортування вантажів та безпечні умови ремонту і обслуговування.

Розміщуючи робочі місця та обладнання, повинна враховуватися безпечна евакуація персоналу в разі виникнення аварійної ситуації а також доступність для ретельного прибирання робочих місць.

НУБІП України

Розміщення газо- та водопровідних комунікацій на робочих майданчиках повинно бути зручним для промивання; не допускається скупчення бруду в виробничих приміщеннях.

НУБІП України

4.2.10. Розробка вимог до забезпечення робочих місць

Присутність на робочих місцях предметів, які заважають робочі майданчики, проходи і підїзди не допускається.

НУБІП України

Всі приєднання і інструменти повинні очищатися від забруднень (знежирюватися, промиватися, протиратися) в строки, вказані в нормативно-технічній

документації і технологічних документах.

Викиди з вихлопних отворів відпрацьованих газів в вакуумних механічних насосах повинен транспортуватися по спеціальним трубопроводам за межі цехів.

Ремонт складових обладнання, які пов'язані з утворенням пилу, розбирання та складання насосів для вакууму, необхідно проводити в місцях, які мають вентиляційне обладнання.

Приспособи, оснастку, інструменти, запасні частини, які необхідні для забезпечення технологічного процесу, необхідно зберігати в інструментальних ящиках та на полицях.

Інструменти, деталі та обладнання маса яких більша 20 кг на робочі місця повинні подаватися підйомно-транспортними механізмами.

Електрозварювальні операції та операції, пов'язані з роботами з відкритим полум'ям повинні виконуватись у відповідності до документу «Правила пожежної безпеки під час проведення зварювальних та вогневих робіт на підприємствах народного господарства».

4.2.11. Розробка вимог до персоналу

До роботи з технічним обладнанням для отримання і подальшої обробки паливних гранул допускаються працівники, старші за 18 років, які попередньо пройшли навчання та інструктаж.

Працівники, що працюватимуть на роботах, пов'язаних з шкідливими або небезпечними виробничими факторами, повинні попередньо та періодично проходити медичні огляди.

Перевірка знань працівників з питань охорони праці повинна проводитися спеціальною комісією, яка призначається наказом по організації, не рідше, ніж один раз в рік. Результати перевірок повинні бути оформлені протоколом.

4.2.12. Розробка вимог до засобів для індивідуального захисту

Адміністрація несе відповідальність за те, щоб робітники обов'язково використовували спецодяг, спецвзуття та інші індивідуальні захисні засоби.

Працюючи з гранулами, використовують спецодяг з просоченням вогнестійкою рідиною, а взуття повинні не допускати чекроутворення.

Спецодяг періодично повинен піддаватися хімчистці або пранню. Хімчистка або прання проводиться централізовано по мірі забруднення, та не менше двох чисток на місяць.

Спецодяг, який використовують для обробки гранул, повинен систематично очищатися від пилу, провітрюватись, зберігатися в металевих шафках і пратися не менше одного разу на тиждень, а після прання просочуватися вогнезахисними рідинами.

4.2.13. Перевірка протипожежних вимог

Гасіння загоряння гранул та деревного пилу проводиться за допомогою сухого піску, глинозему, магнезиту, азбестового полотна. Можна використовувати вогнегасники або воду.

4.2.14. Перевірка виконань вимог безпеки

Засоби для індивідуального захисту працівників підлягають контрольним оглядам та перевіркам періодично та у терміни, визначеними нормативно-технічними приписами для відповідних засобів.

Періодичність та терміни перевірок на вміст шкідливих речовин у робочих приміщеннях, характеристики виробничих факторів та умов, встановлених адміністрацією підприємства спільно з профспілкою, повинна узгоджуватися з органами санітарного контролю на місцях. Контроль проводять відомчі санітарні лабораторії.

Висновки до розділу 4

До основних причин виробничого травматизму і професійних захворювань на твердопаливних виробництвах належать вибухи відкладень пилу, електротравами, травми обертовими частинами зранулятора, підвищені шум і вібрація. Здійснення технологічних процесів при виготовлення паливних гранул передбачає

ретельне дотримання як загальних правил з безпеки праці, так і виконання специфічних норм, зокрема при роботі на грануляторі, як головної машини в технологічній лінії.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Величину приведених затрат розраховують по формулі:

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

де Z_n – величина приведених затрат, грн; C – величина прямих експлуатаційних затрат (собівартості) продукції, грн; E_n – значення нормативного коефіцієнту ефективності одноразових затрат; K – величина одноразових затрат (капітальних вкладень), грн.

Значення нормативного коефіцієнту ефективності одноразових затрат E_n встановлено на визначений період Міністерством економіки України. Його значення $E_n=0,15$ [1].

Ціна гранулятора продуктивністю 1000 кг/год. без встановлених ролика, матриці і привода становить \$80000 [29], що при курсі 26 грн. за \$1 становить 780 000 грн. Вартість спроектованої матриці з комплектом роликів становить 65 400 грн. [13]. Електродвигун марки АІР280М8 (аналог електродвигуна 4А315S10У3) потужністю 75 кВт коштує 74 136 грн [28].

Тоді ціна спроектованого гранулятора становитиме:

$$C_{\text{гм}} = 780000 + 65400 + 2 \cdot 74136 = 993672 \text{ грн.}$$

Величина загальних капіталовкладень в установку з врахуванням торгово-транспортних затрат та затрат на монтаж установки, визначаються затрат розраховують по формулі:

$$K = C_{\text{гм}} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (5.2)$$

де $K_{\text{гм}}$ – величина загальних капіталовкладень, грн.; $C_{\text{гм}}$ – ціна установки, грн.; k_1 – значення коефіцієнту, враховуючого складські та торгово-транспортні затрати ($k_1=1,1$); k_2 – значення коефіцієнту, враховуючого затрати на монтаж установки ($k_2=1,2$).

Загальні капіталовкладення в спроектований гранулятор за виразом (5.2) становитимуть:

$$K = 993672 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1311647 \text{ грн.}$$

Величина прямих експлуатаційних затрат (собівартості) – це затрати організації на вироблення загального обсягу товару або одного товару у грошовому (вартісному) виразі [37]. Величина собівартості розраховують по формулі [35]:

$$C = C_a + C_p + C_{el} + C_o + C_c \quad (5.3)$$

де C_a – величина амортизаційних витрат, грн.; C_p – величина витрат на проведення ремонту і технічного обслуговування (ТО), грн.; C_{el} – величина витрат на придбання електроенергії, грн.; C_o – величина витрат на оплату за одиницю виробленої продукції, грн.; C_c – затрати на придбання сировини, грн.

Величина амортизаційних витрат розраховується по формулі [14]:

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

де U_m вартість установки, грн.; c_a – термін корисного функціонування установки, років.

Класифікацією основних фондів, що встановлено Законом податку на прибуток, передбачається розподіл їх на 4 категорії. Машини і установки належать до 4 категорії, мінімально допустимий строк корисного використання для якої дорівнює 5 років [14].

Тому амортизаційні відрахування за виразом (5.4) становлять:

$$C_a = \frac{1311647}{5} = 262329 \text{ грн.}$$

Величина відрахувань на проведення ремонту визначаються за формулою:

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

де H_p – норма витрати на проведення ремонту.

У відповідності з постановою Кабінету Міністрів України №1075 від 6.09.1996 р., норма витрати на проведення ремонту H_p дорівнює 5% [30].

Отже, затрати на ремонт спроектованого гранулятора за формулою (5.5)

становлять:

$$C_p = \frac{1311647 \cdot 5}{100} = 65582 \text{ грн.}$$

Величина відрахувань на придбання електроенергії розраховується по фо-

рмулі:

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

де C_{el} – вартість електричної енергії, грн./кВт·год.; N_{el} – величина потужності електродвигунів, кВт.; T_1 – число робочих днів на протязі року, шт.; T_2 – тривалість робочого часу на протязі доби, год.

Вартість одного кВт·год. електроенергії з ПДВ 1 грудня 2021 р. для II класу напруги (до 27,5 кВ) становить 497,825 коп. [32]. Потужність двох електродвигунів спроектованого гранулятора становить 150 кВт.

2021 рік має 250 робочих днів [32].

За 8 годинного робочого дня витрати на електричну енергію при виробництві паливних гранул спроектованим гранулятором за виразом (5.6) становлять:

$$C_{el} = 4,97825 \cdot 150 \cdot 250 \cdot 8 = 151737 \text{ грн.}$$

Затрати на виплату зарплати розраховуються по формулі:

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

де TC – місячна годинна тарифна ставка, грн./міс.; n_{rob} – кількість працівників, чол.; T_3 – кількість місяців в році, шт.

Гранулятор обслуговують два працівники з четвертим тарифним розрядом.

Тарифна ставка за 4 розрядом становить 3391 грн./міс. [27].

Затрати на виплату зарплати оператора гранулятора при виробництві гранульованого біопалива спроектованим гранулятором становлять:

$$C_o = 3391 \cdot 2 \cdot 12 = 81384 \text{ грн.}$$

Затрати на придбання сировини розраховується по формулі:

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

де C – вартість сировини, грн./т; m – маса отриманого продукту, т.

При продуктивності спроектованого гранулятора 0,97 т/год., для його роботи потрібно мати таку кількість сировини:

$$m_c = 0,97 \cdot 250 \cdot 8 = 1971 \text{ т.}$$

Ціна тирси дорівнює 150 грн./т [10].

Затрати на придбання сировини для отримання деревних паливних гранул на спроектованому грануляторі становлять:

$$C_c = 150 \cdot 1971 = 295656 \text{ грн.}$$

Величина собівартості виробництва деревних паливних гранул на спроектованому грануляторі становить:

$$C = 262329 + 65582 + 1517371 + 81384 = 2222322 \text{ грн.},$$

Якщо перерахувати на тонну отриманої продукції:

$$C = \frac{2222322}{1971} = 1127 \text{ грн./т.}$$

Приведені витрати для спроектованого гранулятора становлять:

$$Z_{n-c} = 2222322 + 0,15 \cdot 1311647 = 2419069 \text{ грн., або}$$

$$Z_{n-c} = \frac{2419069}{1971} = 1227 \text{ грн./т.}$$

Проводим розрахунок терміну окупності проекту, (час, необхідний для того, щоб величина отриманих від реалізації продукції коштів відшкодувала величину витрат на його реалізацію [22].

Період окупності розраховується по формулі [17]:

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

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

– величина прибутку від реалізації отриманої продукції, грн./рік.

Величина прибутку від реалізації отриманої продукції розраховується як [7]:

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

де Π – величина прибутку від реалізації отриманої продукції, грн./т; C – ціна отриманої продукції, грн./т; C – величина собівартості отриманої продукції, грн.; V – кількість отриманої продукції, т.

При продажній вартості паливних гранул 2200 грн./т [21] прибуток від продажу вироблених паливних за формулою (5.10) становить:

$$\Pi = (2200 - 1127) \cdot 1971 = 2113966 \text{ грн.}$$

Період окупності спроектованого гранулятора за формулою (5.9) становить:

$$P = \frac{1311647}{2113966} = 0,62 \text{ роки.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності проекту реконструкції гранулятора GT-500 для отримання паливних гранул показані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Результати визначення економічної ефективності впровадження лінії гранулювання для переробки відходів деревообробки в ТОВ «ЛА СМЕРТЯ» Вишгородського р-ну Київської обл.

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Ціна гранулятора	993 672
2	Загальні капіталовкладення	1 311 647
3	Затрати на амортизацію, грн.	262 329
4	Затрати на ремонт, грн.	65 582
5	Затрати на електроенергію, грн.	1 517 371
6	Затрати на оплату праці, грн.	81 384
7	Затрати на сировину, грн.	295 656
8	Собівартість виробництва паливних гранул, грн. грн./т	2 222 322 1127

1	2	3
9	Приведені затрати Z_n , грн. грн./т	2 419 069 1227
10	Прибуток, грн.	2 113 966
11	Період окупності інвестицій, років	0,62
12	Ціна продукції, грн.	2200

Висновки до розділу 5

Собівартість виробництва паливних гранул з відходів деревоопилення на спроектованому грануляторі становить 1127 грн./т, а прибуток від їх реалізації – 2 113 966 грн. Термін окупності капіталовкладень в спроектований гранулятор при продажній вартості продукції 2200 грн./т становить 0,62 роки.

ВИСНОВКИ

1. При виготовленні паливних гранул сировину подрібнюють, сушать, змішують з вологою і ущільнюють; отримані гранули просіюють, охолоджують і фасують. Виготовляють паливні гранули шляхом екструзії через отвори матриць

подрібненої до розміру 1-2 мм сировини із вологістю 8-12%, матриці бувають плоскими і кільцевими.

2. Гранулятор для виробництва паливних гранул з відходів лісопиляння в ТОВ «ЛА СУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл. має наступні конструкційно-технологічні параметри:

– продуктивність – 953 кг/год;
– діаметр пеллет – 6 мм;
– довжина фільери (товщина матриці) – 23 мм;

– робоча ширина матриці і ролика – 120 мм;
– діаметр ролика (зовнішній) – 120 мм;
– діаметр матриці (внутрішній) – 500 мм;
– кількість фільер в матриці – 5731 шт.;

– кількість роликів – 2 шт.;

– частота обертів матриці – 157 об./хв.
3. Гранулятор має привод від двох електричних двигунів 4А315S10У3 з потужністю 75 кВт кожен і з частотою обертів 600 об/хв. через клинопасову передачу з наступними конструкційними параметрами:

– передавальне число – 3,8;
– діаметр D_1 ведучого шківа – 315 мм;
– діаметр D_2 веденого шківа – 1180 мм;
– шківні зварні, матеріал – сталь Ст3;

– довжина пасу – 4500 мм;
– тип пасу – Г;
– кількість на шківі канавок під ремені – 5 шт.;

– шків ведучого валу з диском товщиною 27 мм має довжину маточини 85 мм, діаметр маточини – 153 мм;

– шків веденого валу має 6 спиць еліптичного перетину із малою піввіссю спиці при маточині 47,38 мм, малою – 118,45 мм, малою піввіссю по зовнішньому діаметрі шківа – 94,76 мм, великою – 37,9 мм; висота ребра спиці – 17 мм;

діаметр маточини веденого валу – 240 мм, довжина маточини – 180 мм,

– обод шківів має ширину 124 мм.

4. Теплота згорання деревних паливних гранул, встановлена на калориметричній установці, складає 13,4 МДж/кг.

5. До основних причин виробничого травматизму і професійних захворювань на твердопаливних виробництвах належать вибухи відкладень пилу, електротравми, травми обертовими частинами гранулятора, підвищені шум і вібрація.

Здійснення технологічних процесів при виготовлення паливних гранул передбачає ретельне дотримання як загальних правил з безпеки праці, так і виконання специфічних норм, зокрема при роботі на грануляторі, як головної машини в технологічній лінії.

6. Собівартість виробництва паливних гранул з відходів деревоопилення на спроектованому грануляторі становить 1127 грн./т, а прибуток від їх реалізації – 2 113 966 грн. Термін окупності капіталовкладень в спроектований гранулятор при продажній вартості продукції 2200 грн./т становить 0,62 роки.

Список використаних джерел

1. Ахромкін Є. М. Методика оцінювання ефективності упровадження ресурсозберігаючих технологій. Матеріали із сайту Ефективна економіка [Електронний ресурс]. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=443> (дата звернення: 06.11.2021).

2. Бунєцький В. О. Аналіз технологій отримання твердого біопалива у вигляді брикетів або пелет. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Вип. 10. 2011. 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. Головков С. И., Найденов Б. Ф., Коперин И. Ф. Энергетическое использование отходов древесины. Москва: Лесная промышленность, 1987. 224 с.

5. Грануляторы от производителя. Материали із сайту АРТМАШ [Електронний ресурс]. URL: [https://artmash.ua/ru/category/granulyatory-korma-i-toplivnyh-pellet?utm_source=google&utm_medium=cpc&keyword=%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%20%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%88&utm_campaign=%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8_%D1%80%D0%BE%D1%81&gclid=CjwKCAiAvriMBhAuEiwA8Cs5lfLAGyqH00r6oKVVKHnHGprzSQ4GFya](https://artmash.ua/ru/category/granulyatory-korma-i-toplivnyh-pellet?utm_source=google&utm_medium=cpc&keyword=%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%20%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%88&utm_campaign=%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8_%D1%80%D0%BE%D1%81&gclid=CjwKCAiAvriMBhAuEiwA8Cs5lfLAGyqH00r6oKVVKHnHGprzSQ4GFyaXZA0f2AaUzm-y_0_XvpTNNfvhoCCE8QAvD_BwE#2)

XZA0f2AaUzm-y_0_XvpTNNfvhoCCE8QAvD_BwE#2 (дата обращения: 19.10.2021).

6. Діюче деревообробне підприємство. Корпоративні права (100 % частка у статутному капіталі Товариства) в ТОВ «ЛІА СУЕРТЕ». Матеріали із сайту Prozorro [Електронний ресурс]. URL: <https://prozorro.sale/auction/UA-PS-2019-10-21-000042-1> (дата звернення: 18.09.2021).

7. Дудкова Н. В., Масленников В. А., Маркелов А. В. Оценка эффективности проектных решений: метод. указания. Иваново: ИВГПУ, 2014. 35 с.

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

9. Кораблев В. А., Сапухин В. А. Проектирование ременных передач: метод. Указания. Тюмень: ТГНУ, 2003. 24 с.

10. Куплю тирсу, отходы мебельного производства, с пилорам, с/х отходы. Материалы из сайта FLAGMA [Электронный ресурс]. URL: <https://flagma.ua/kuplyu-tirsu-othody-mebelnogo-proizvodstva-s-o9376703.html> (дата обращения: 12.11.2021).

11. Кучинская З. М., Фрегер Ю. Л., Особов В. И. Оборудование для сушения, брикетирования и гранулирования кормов. Москва: Агропромиздат, 1988. 208 с.

12. Материал клинка мартенситная нержавеющей сталь 1,4034 (X46Cr13). Материалы из сайта Лаборатория ножей [Электронный ресурс]. URL: https://messermeister.ru/lab/handbook/martensitnaya_nerzhaveyuschaya_stal14034_x46cr13_n591/ (дата обращения: 03.10.2021).

13. Матрицы и запчасты к грануляторам. Материалы из сайта MATADOR [Электронный ресурс]. URL: https://matador-world.all.biz/matricy-i-zapcasti-k-granulyatoram-g11278621?utm_currency=UAH&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=shopping_ua_personal&utm_content=126820&gclid=CjwKCAiAvriMBhAuEiwA8Cs5lcDNprSbxqCjVurKgtnQVhkrIcHfhF0SpDY3NCRbV_xGIsFIT5kN0pBoC4KwQAvD_BwE (дата обращения: 28.10.2021).

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

15. Мельничук М. Д., Дубровін В. О., Мироненко В. Г. та ін. Альтернативна енергетика: навч. посібник. Київ: Аграр Медіа Груп, 2011. 612 с.

16. Назаров В. И., Булатов И. А., Макаренков Д. А. Исследование процесса гранулирования отходов на роторных прессах. *Вестник МНТХТ*. 2016. Т. V. №6. С. 13-16.

17. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование; учебн. пособие. Таганрог: ТРТУ, 2003. 220 с.

18. Непомнящий Е.Г. Экономика и управление предприятием: конспект лекций. Таганрог: ТРТУ, 1997. 374 с

19. НПАОП 27.4-7.08-91. Сплавы алюмінієві, магнієві, нікелеві, титанові. Виробництво гранул. Вимоги безпеки. Дійсний від 1991-07-01. К.: Держстандарт, 1992. 16 с.

20. Оборудование для производства пеллет. California Mill Pellet Co. 14 с.

21. Паливна гранула. Матеріали із сайту FLAGMA [Електронний ресурс].

URL: <https://flagma.ua/uk/palivna-granula-o11645427.html> (дата звернення: 08.11.2021).

22. Період окупності проекту (Payback Period - PBP). Матеріали із сайту studentbooks.com.ua [Електронний ресурс]. URL: <https://studentbooks.com.ua/content/view/1308/42/1/3/> (дата звернення: 01.11.2021).

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: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 548 с.

25. Поліщук В. М., Дубровін В. О., Драгнев С. В. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора для виробництва паливних гранул: метод. вказівки. Київ: Аграр Медіа Груп, 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 (тарифні ставки) працівників за Єдиною тарифною сіткою на 2021 рік. Матеріали із сайту Заробітна плата [Електронний ресурс]. URL: <http://www.zarplata.co.ua/?p=9682> (дата звернення: 10.11.2021).

28. Прайс-лист №1 от 01.09.2021 г. (общепромышленные электродвигатели). Новая Каховка: ООО «Днепроресурс», 1 с.

29. Прес-гранулятор Грантех ГТ-520-Д б/у. Материалы из сайта FLAGMA [Электронный ресурс]. URL: <https://flagma.ua/uk/pres-granulyator-granteh-gt-520-d-b-u-o9115001.html> (дата обращения: 22.10.2021).

30. Порядок встановлення амортизації і віднесення амортизаційних відрахувань на виробничі витрати. Матеріали із сайту Верховної Ради України [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1075-96-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.11.2021).

31. Продаётся прибыльное деревообрабатывающее предприятие. Материалы из сайта OLX [Электронный ресурс]. URL: <https://www.olx.ua/d/obyavlenie/prodaetsya-probylnoe-derevoobratyvayuschee-predpriyatie-ID-FIgbU.html> (дата обращения: 18.09.2021).

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 грудня 2021 року. Матеріали із сайту ТзОВ «Київська обласна енергопостачальна компанія» [Електронний ресурс]. URL: <https://koec.com.ua/page?root=23> (дата звернення: 19.10.2021).

33. Робочі дні - 2021. Матеріали із сайту Бухоблік [Електронний ресурс]. URL: <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/3226-3226-robochi-dni.html> (дата звернення: 10.11.2021).

34. Розрахунок витрат. Матеріали із сайту Нова екологія [Електронний ресурс]. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-569-1.html> (дата звернення: 03.11.2021).

35. Себестоимость. Материалы из сайта Энциклопедический словарь права и экономики [Электронный ресурс]. URL: https://rosinvest.com/dic/dic_economic_law/14190 (дата обращения: 09.11.2021).

36. Севастьянов С. Н. Биоэнергетика. Топливные (древесные) гранулы. *Вестник ОГУ*. 2009. №10 (104). С. 133-138.

37. Собівартість. Матеріали із сайту Навчальні матеріали [Електронний ресурс]. URL: https://pidru4niki.com/ekonomika/sobivartist_produktsiyi (дата звернення: 05.11.2021).

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

39. Трухачев В. И., Гребенник В. И., Ангилеев О. Г., Капустин И. В. Технические средства и технологии в животноводстве: учеб. пособие. Ставрополь: Агрус, 2017. 304 с.

40. Тихонов С. И., Муравьев А. Е. Конструирование и расчет элементов деталей машин: учебн.-метод. пособие. Псков: ППИ, 2005. 68 с.

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

42. Polishchuk V., Naumenko V., Naumenko Q. 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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
ДОДАТКИ

НУБІП України

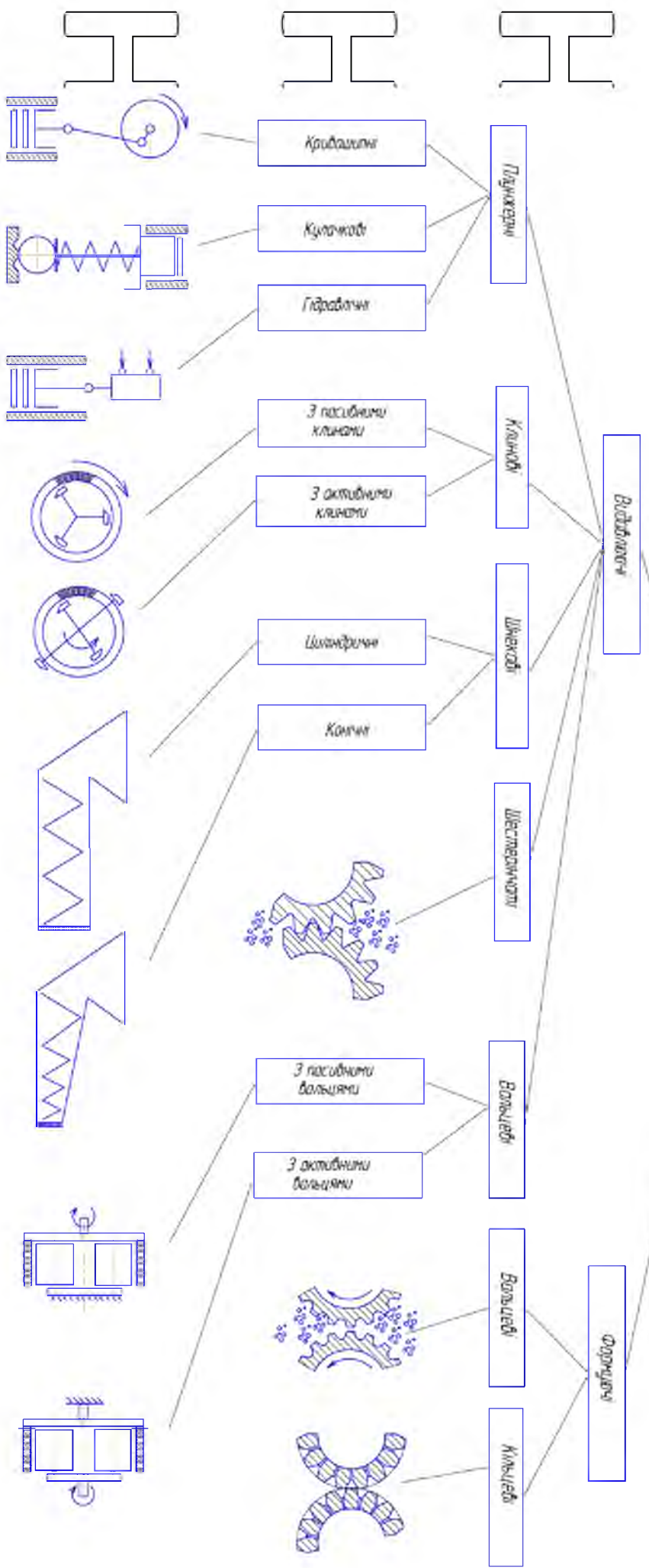
НУБІП України

НУБІП України

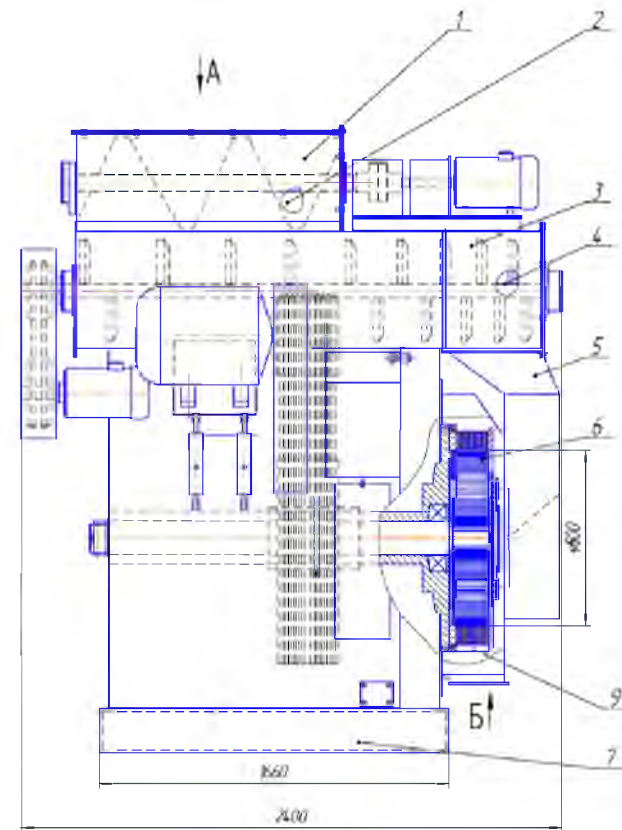
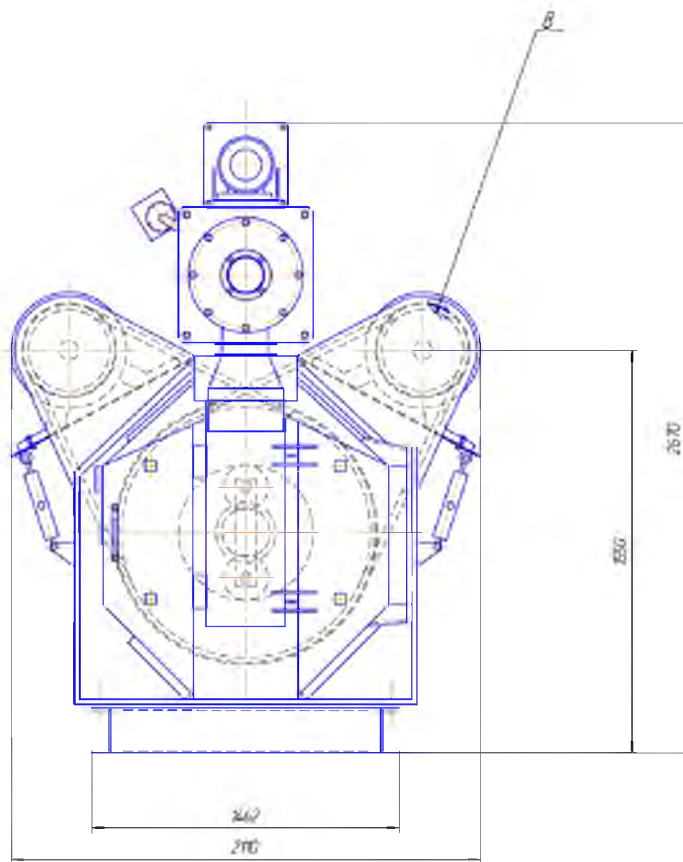
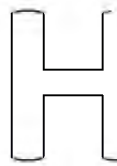
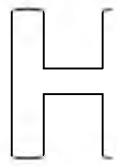
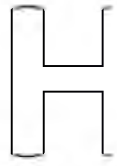
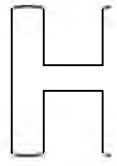
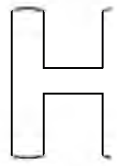
НУБІП України

ДОДАТОК А. Креслення вузлів та деталей

Преса для гранулювання біомаси

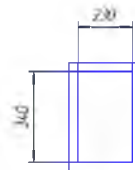
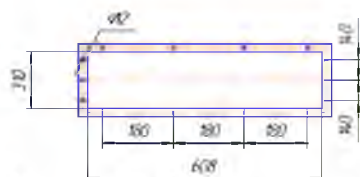


НУБІП Україна



А

Б



Техническое описание

1 Производитель при производстве кг/шт	975
2 Производитель при сборке кг/шт	
Вес	95
Объем	155
Энергия	110
1 Объем хладагента при работе (объем хладагента) л	27
4 Энергия батареи л/час	500
5 Энергия двигателя л/час	100
6 Объем масла л/час	120
7 Коэффициент	2

Примечание:

№	Позиция	Наименование	Кол.	Дет.
		Запчасти		
40	004-PP501-000000-00	Холодный агрегат		
		Холодный агрегат		
44	1	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	2	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	3	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	4	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	5	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	6	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	7	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	8	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1
44	9	018-PP501-000000-00	Корпус агрегата	1



Формат	Зона	Гвз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A1			01.08- МР.583"С"01.006.003 3В	Окладальне креслення		
				Окладальні одиниці		
A4	1		01.08- МР.583"С"01.006.001.003	Корпус живильника	1	
A4	2		01.08- МР.583"С"01.006.002.003	Живильник гвинтовий	1	
A4	3		01.08- МР.583"С"01.006.003.003	Корпус змішувача	1	
A4	4		01.08- МР.583"С"01.006.004.003	Бітер змішувача	1	
A4	5		01.08- МР.583"С"01.006.005.003	Корпус завантаження вузла грануляційного	1	
A4	6		01.08- МР.583"С"01.006.006.003	Вузол грануляційний	1	
A4	7		01.08- МР.583"С"01.006.0067.003	Рама	1	
A4	8		01.08- МР.583"С"01.006.008.003	Шків	1	
A4	9		01.08- МР.583"С"01.006.009.003	Ніж	1	
				Стандартні вироби		
		11		Болт М10х30.48 ГОСТ7798- 70	4	
		12		Гайка М10.019 ГОСТ 1678- 75	4	
		13		Шайба 10 65 Г ГОСТ6402- 70	4	
		14		Електродвигун 4А315S10У3	2	
01.08- МР.583"С"01.006.003						
Інв. № докл.	Ізм.	Лист	№ докум.	Гвдл.	Дата	
	Разраб.	Андрійченко				
	Пров.	Голішук				
	Нконтр.	Єременко				
Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.	Інв. № докл.
				Прес- гранулятор		
				НУБІП України		

Копировал

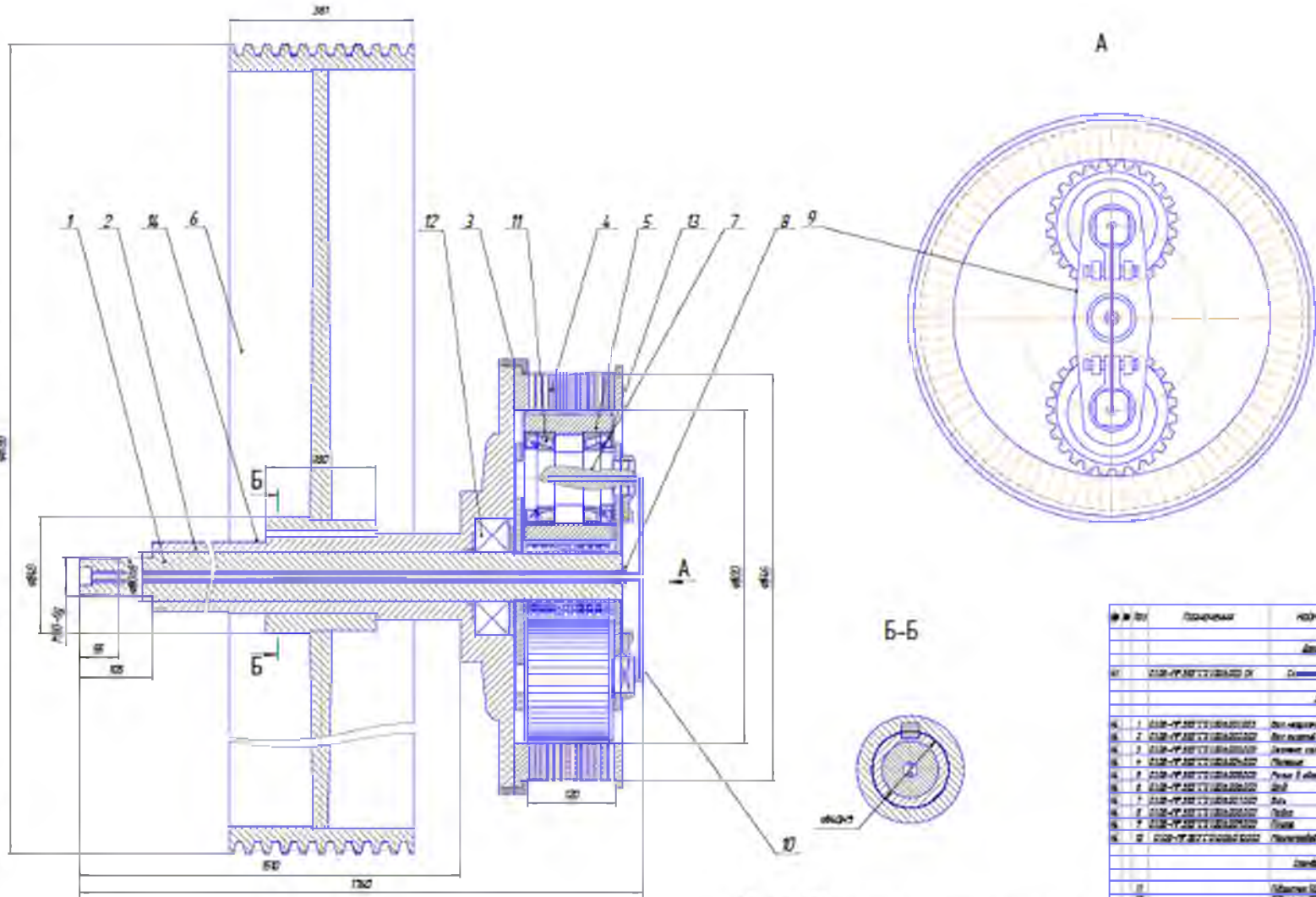
Формат А4

НА

НА

НА

НА



- 1 Пружина для шліфта
- 2 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: довжина: висота - 5 мм
- 3 Шпилька з шайбою на поверхню корпусу - діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 4 Підшипник зброєвий конічний висота: діаметр
- 5 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 6 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 7 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 8 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 9 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 10 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 11 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю
- 12 Підшипник сталево-бронзовий діаметр: висота: шліфт: для технічного контролю

№	Позначення	Кількість	Мат. частина
Деталі корпусу			
1	ГОСТ 11347-78	1	Латунь
Деталі шестів			
1	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
2	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
3	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
4	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
5	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
6	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
7	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
8	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
9	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
10	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
Деталі підшипників			
1	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
2	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
3	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
4	ГОСТ 11347-78	1	Сталь
5	ГОСТ 11347-78	1	Сталь

НУБІП УКРАЇНИ

Результати визначення
економічної ефективності впровадження лінії гранулювання
для переробки відходів деревообробки
в ТОВ «ЛА СУЕРТЕ» Вишгородського р-ну Київської обл.

№	Показник	Значення
1	Ціна гранулятора, грн	993 672
2	Загальні капіталовкладення, грн.	1 311 647
3	Затрати на амортизацію, грн.	262 329
4	Затрати на ремонт, грн.	65 582
5	Затрати на електроенергію, грн.	1 517 371
6	Затрати на оплату праці, грн.	81 384
7	Затрати на сировину, грн.	295656
8	Собівартість виробництва продукції, грн.	2 222322
	грн./т	1127
9	Приведені затрати, Зп, грн	2 419 069
	грн./т	1227
10	Прибуток, грн.	2 113 966
11	Термін окупності інвестицій, років	0,62
12	Ціна продукції, грн.	2200