

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут(факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Соколенко А.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _____ Прикладна механіка
на тему: Аналіз динаміки і визначення перспектив удосконалення дробарки для подрібнення полімерних виробів продуктивністю 1,2 т/год.

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 2М

Турецький Володимир Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____
(підпис)

Керівник Бойко Олексій Олегович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____
(підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І. С. Гулого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МІТ
Соколенко А.І.
“05” 11 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Турецький Володимир Степанович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз динаміки і визначення перспектив удосконалення дробарки для подрібнення полімерних виробів продуктивністю 1,2 т/год.

керівник роботи Бойко Олексій Олегович , доцент , к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” 11 2020 року № 925-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 2.02.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи сировина ПЕТ-пляшка , кут заточки ножа 45° , паспорт машини переробки

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Реферат. Зміст. Вступ. Розділ 1. Розділ 2. Розділ 3. Розрахунково-пояснювальний розділ. Розділ 5. Розділ 6. Висновки. Використана література. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу презентація складається з 11 слайдів

Зміст

Реферат.....	5
Вступ.....	7
Розділ 1 Аналіз поточного стану галузі поводження з ТПВ в Україні та за кордоном.....	14
1.1. Переробка вторинних відходів.....	16
1.2. Аналіз законодавчих та інституційних засад поводження з відходами в Україні.....	17
1.3. Законодавчі основи переробки відходів та впровадження принципу розширеної відповідальності виробника.....	20
Розділ 2. Аналіз обладнання для подрібнення полімерної упаковки.....	22
Розділ 3. Теорія подрібнення та розрахунок дробарок.....	29
3.1. Теорія подрібнення.....	29
3.2. Розрахунок параметрів щоккових, конусних, валкових дробарок	31
4. Розрахунково-пояснювальний розділ.....	46
4.1. Розрахунок основних геометричних параметрів.....	46
4.2. Розрахунок основних силових параметрів.....	49
4.3. Розрахунок продуктивності валкової дробарки.....	50
4.4. Розрахунок потужності двигуна приводу валкової дробарки.....	50
4.5. Кінематичний розрахунок механізму приводу.....	54
4.6. Розрахунок вала дробарки.....	56
4.7. Підбір підшипників.....	58
4.8. Розрахунок відвідного конвеєра.....	59
Розділ 5. Основні положення монтажу, правил експлуатації і діагностики.....	65
5.1. Підготовчі роботи.....	65
5.2. Технологічна частина.....	67
5.3. Техніка безпеки при монтажі.....	69
5.4. Експлуатація обладнання.....	70

5.5. Ремонт.....	75
Розділ 6. Охорона праці.....	77
6.1. Загальні вимоги охорони праці.....	77
6.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи.....	77
6.3. Вимоги охорони праці під час роботи.....	79
6.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.....	80
6.5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи.....	80
6.6. Характеристика можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів у цеху і засоби їх знешкодження.....	81
6.7. Характеристика об'єкту за пожежо- та вибухонебезпекою.....	85
6.8. Висновки.....	86
Висновки.....	87
Список використаної літератури.....	88

Реферат

Об'єкт проектування: валкова дробарка з подвійними зубцями на валках, продуктивністю 1,2 т/год.

Метою проекту було вдосконалення конструкції валкової дробарки СМ –12 з цілю пере налаштування її для подрібнення ПЕТ пляшок з подальшою переробкою отриманої сировини. В ході чого для визначення частотиобертання валків з урахуванням дії на матеріал, що знаходиться наоберттовому циліндрі, відцентрової сили, була використана формула проф. Л.Б.Левенсона.

Особливість установки полягає в розробленому спеціально для конкретно даного випадку конструкцією подвійних зубців для кращого захоплення і подрібнення перероблюваного матеріалу. Обладнання має відносно хорошу прогнозовану ефективність з урахуванням до перероблюваного матеріалу та з подальшими модернізаціями і доробками бути впровадженим у переробній промисловості для подрібнення ПЕТ пляшок.

Ключові слова і словосполучення: валкова дробарка, подвійні зубці, подрібнення, поліетилен, кут захоплення, ступінь подрібнення, ПЕТ пляшка.

Abstract

Design object: roll crusher with double teeth on rolls, productivity 1.2 t / h.

The aim of the project was to improve the design of the roll crusher CM-12 in order to reconfigure it for grinding PET bottles with subsequent processing of the obtained raw materials. In the course of which for definition of frequency of rotation of rolls taking into account action on the material which is on the rotating cylinder, centrifugal force, the formula of prof. LB Levenson.

The peculiarity of the installation is developed specifically for this particular case by the design of double teeth for better capture and grinding of the processed material. The equipment has a relatively good predicted efficiency, taking into account the recyclable material and with subsequent upgrades and improvements to be implemented in the processing industry for grinding PET bottles.

Keywords and phrases: roller crusher, double teeth, grinding, polyethylene, angle of capture, degree of grinding, PET bottle.

Вступ

Важко заперечити твердження, що проблема сміття в Україні стала просто катастрофічною. На жаль, не за горами той час, коли Україна просто захлинеться у смітті, якщо не навчиться цивілізовано його збирати. За даними аналітичного центру екологічної партії України, наша країна займає перше місце у світі по кількості сміття на душу населення, більше 160 тис. га земель в Україні передані під полігони для сміття, на них зберігається біля 35 мільярдів тон відходів.

Щороку в країні створюється 12 тис. несанкціонованих сміттесховищ, оскільки полігонів для сміття просто не вистачає (нині у нас є понад 700 сховищ твердих побутових відходів (ТПВ), а ще 500 потрібно збудувати). З усієї маси сміття утилізації або переробці підлягає лише 3%. Значна кількість існуючих полігонів уже вичерпали свій ресурс, а самі сміттєзвалища стали фактором антропогенного навантаження на довкілля. Відсутність систем фільтрації практично на всіх полігонах та звалищах збільшує їхню небезпеку. Беручи до уваги те, що сучасна нормативна база зі створення нових об'єктів для приймання та переробки ТПВ з'явилася лише у 2005 р., усі сміттєзвалища, які існують нині, не відповідають санітарно-гігієнічним та екологічним нормативам. За інформацією Міністерства ЖКГ України, найбільша кількість перевантажених полігонів у Чернігівській (43) та Полтавській (25) областях, а найгірші показники стосовно невідповідності нормам екологічної безпеки в Херсонському та Чернігівському регіонах (використані дані статті «Друге життя...сміття» в газеті День)

Щодо проблем утилізації і переробки сміття в Україні найбільш гострою є проблема переробки твердих побутових відходів (відходи споживання, промислові, побутові відходи, відходи виробництва). На думку фахівців Всеукраїнської екологічної ліги, однією з найгостріших проблем є утилізація ПЕТ-тари, що встигла стати невід'ємним атрибутом сучасного життя. Відходи полімерів складають близько 10-15% загального обсягу побутового сміття або близько 20 кг на рік на людину. А за інформацією фахівців, продукція у ПЕТ-

тари (пиво та інші напої, побутова хімія тощо) набуває все більшої популярності цей сегмент щорічно зростає на 10-12%. Тобто, кількість таких відходів з кожним роком буде лише збільшуватися. В Україні за 1000 кг використаної ПЕТ-тари можна виручити від 3 тис. грн. Зазвичай очищений пластик іде на експорт, за кордоном його використовують, наприклад, при виготовленні офісних меблів. Тонна «вторинного» паперу коштує 300 грн, метал іде по 1200-1250 грн за тонну. За оцінками сміттярів, тільки дрібного брухту кияни викидають на \$5-10 млн щороку (2-4% столичного сміття).

У більшості країн ЄС 50% виручки підприємствам, що спеціалізуються на утилізації, забезпечує продаж вторсировини. Приміром, тонна очищеного сміття зі стовідсотковим вмістом пластику коштує на світовому ринку близько ЕІЖ1000. А виробів із пластмаси у міських відходах міститься майже 60%.

Наприклад, в ЄС введені жорсткі норми переробки пакувальних матеріалів, згідно з якими переробці мають підлягати 55-70% цих матеріалів. Крім дотацій та інших заходів стимулювання підприємств, що спеціалізуються на зборі та переробці відходів (на екологічні програми щорічно витрачається кілька мільярдів євро), в Європі успішно працює система роздільного збору відходів, а також система утилізації відходів. До того ж, у Європі вже існують технології, що дозволяють зі вторинної сировини, у тому числі і ПЕТ-пляшок, виготовляти нову тару для харчових продуктів.

В Україні все відбувається з точністю до навпаки. Держава так і не знайшла як стимулювати населення сортувати сміття та не створила умов для його переробки, не побудувала ефективну систему утилізації сміття. Наразі Україна вирішує цю проблему шляхом збільшення площ під смітники, що рано чи пізно обернеться для країни екологічною катастрофою.

Дана проблема обумовлена тим, що в Україні не створена ефективна система збору упаковки, що має підлягати переробці та утилізації. Проте поступово з'являється розуміння цієї проблеми, а деякі компанії навіть роблять перші кроки на європейському шляху переробки тари. Так, компанія «Оболонь», один з найбільших національних виробників пива та

безалкогольних напоїв, першою серед виробників галузі (де дуже широко використовується ПЕТ-упаковка), запустила лінію з виробництва бандажної стрічки (плівка, якою обмотуються палети з продукцією) з ПЕТ-пляшок на власному заводі з переробки ПЕТ-тари у місті Олександрія. Торік КМДА на 5 млн. грн. закупила 1950 контейнерів для нехарчових відходів. Їх встановили в Солом'янському, Подільському, Голосіївському та Шевченківському районах. Контейнери спецпризначення стоять поруч зі звичайними, вивозять їх раз на тиждень. Експеримент поки складається не дуже вдало. У контейнерах легко зламати висячий замок, їх запросто відкривають мисливці за макулатурою і пляшками — безпритульні. У відкриті спец контейнери потрапляє вода, мешканці викидають у них не відсортоване сміття. Зараз Грінко обслуговує 300 контейнерів для збирання нехарчових відходів, улітку компанія планує самостійно закупити ще 500 шт. більш надійних. Поряд з цим Україна вивчає можливості будівництва заводів для утилізації сміття за участі японських компаній Sumitomo та Mitsubishi Heavy Industries та реалізації масштабних інвестиційних проектів зі Швецією. Зазначимо, що шведські компанії готові реалізовувати в Україні проекти з енергозбереження та будівництва підприємств з виробництва відновлювальних джерел енергії, зокрема, біогазу та підприємств з переробки побутового сміття. У ці проекти Швеція готова інвестувати протягом двох років 20 млрд. євро. Уряд Швеції затвердив стратегію підтримки України по 2 напрямках - енергоефективність та захист довкілля, у рамках якої Швеція протягом 4-х років щороку надаватиме Україні 20 млн. євро з метою підтримки зусиль приватних інвесторів. Шведські компанії EcoEnergy і BiogasProm пообіцяли інвестувати 700 млн. євро в будівництво заводів з утилізації сміття у 9 містах України. Проект повинен окупитися завдяки вторинній переробці скла та паперу, виробництву біогазу, теплової енергії та електроенергії з відходів.

На даний момент можна говорити про реалізацію одного із наймасштабніших проектів по утилізації сміття в Україні в місті Ужгороді. Фірма TASA International, яка має понад 90 підприємств з утилізації сміття у

Центральній та Східній Європі, інвестує 5 млн. євро в утилізацію і переробку ужгородського сміття. Програма передбачає створення нового полігону ТПВ площею 15 тис. м за євро стандартами з газовідвідними трубами, пресуванням сміття спеціальною технікою (його ущільнюватимуть у 15 разів). На сортувальній лінії вручну відбиратимуть сміття, що є придатним для вторинної переробки. Утрамбовану органіку ховатимуть під товщею ґрунту. Вся наявна вода через гідроспорики використовується на те, щоб гниття утрамбованих відходів зробити більш інтенсивними. Через три роки процесу гниття можна використовувати утворений газ (за 30% вмісту метану), спалювати його, отримуючи електричну енергію.

Існують різні шляхи вирішення цієї проблеми.

Сьогодні у нас є ряд способів боротьби з масою сміття, що постійно примножується. І жоден із них не можна вважати достатнім для вирішення завдання.

Найбільший перевірений і популярний метод - **захоронення на звалищах** - класика утилізації відходів. Але з ними тоді нічого не відбувається. У більшості держав світу саме так і роблять. На підземних звалищах США покоїться 84% від усього сміття країни, 90% - в Англії, в Японії поховано 57 %. У середньому виходить 74 % від середньої кількості ТПВ у світі. Звалище, як професійна споруда, має свої ідеальні стандарти якості. Дно звалища має бути покрито поліетиленовою плівкою. Кожен новий шар відходів необхідно ущільнювати, накривати глиною і піском, і накривати новими шарами плівки. Спеціальний збірник знизу приймає всю рідину, яка надходить з сміття. Рідина відправляється на переробку. Після заповнення котловану звалища її засипають ґрунтом, висаджують траву і розміщують зверху поле для гольфу. Така традиція є в Великобританії та США. Звичайно, більшість світових звалищ до таких стандартів не дотягують.

Спалювання сміття. Даний спосіб використовують французи - 35%, і японці - 40%. У спалюванні сміття є свої плюси: обсяг відходів можна зменшити в 2-10 разів. Можна використовувати тепло від вогню. Менше

загрози забруднити навколишнє середовище. Але дим і продукти згоряння забруднюють навколишнє середовище - це теж факт. І від цього більше шлаків, ніж від вулканічної діяльності планети. Попіл теж потрібно якось використовувати або зберігати. Синтетика при горінні виділяє токсичні матеріали. Це велика проблема: діоксини - це дуже сильні мутагени, що викликають серйозні мутації. Ті ж речовини є канцерогенними і дуже отруйними. Так що все це дуже ризиковано для людини. Обидва шляхи випробувані в Сполучених Штатах у 80-х. З'ясувалося, що поставити сміттєспалювальний завод зовсім не простіше, ніж організувати звалище, а за вартістю теж різниця невелика. Наприклад, середні капітальні витрати на будівництво сміттєспалювального заводу продуктивністю 100 тис тон на рік в Росії були 44.4 млн. доларів, а завод продуктивністю 700 тис тон на рік — 310.8 млн. доларів.

На сьогоднішній день найбільш високотехнологічні методи утилізації ТПВ - це **переробка і біотехнологія**. Одним з мінусів такої технології є обов'язкове сортування сміття. Біотехнологія - це коли мікроорганізми розкладають органічну частину відходів у процесі анаеробного розкладання, горючий газ (метан) є результатом обміну речовин мікроорганізмів, а також отримуємо компост відмінне добриво. При сортуванні ТПВ можливо вторинне використання відходів як сировини. Наприклад, вторинне використання паперової макулатури зменшує витрати сировини, економить паливо. 1 млн. тонн макулатури збереже 60 га лісу від вирубки. Перероблена пластмаса підійде для виробництва поручнів або огорожі. В Японії на переробленій макулатурі друкують понад 65% періодики.

Ізраїльські фахівці створили технологію гідромеханічної сортування ТПВ з подальшою переробкою анаеробної органічних відходів.

Гідрофлотація - спосіб розділення сміття на складові частини за допомогою води. Щодо самого заводу - у цій технології враховані недоліки описаних вище технологій, на завод надходять не сортовані відходи та істотно скорочуються експлуатаційні витрати на використання біозаводів, виробляється

компост найвищої якості. Технологія дешевша, ніж сміттєспалювальні заводи, при дуже швидкому розгортанні. Технологія гідрофлотації ТПВ здатна переробити до 85% не сортованих відходів, які йдуть на продаж як вторинна сировина, органічні відходи йдуть на виробництво біогазу, електроенергії. Якість відсортованих продуктів дуже хороша. За рахунок цього завод повністю окупається протягом 4-5 років і надалі дає прибуток. Наприклад, замість сміттєспалювальних заводів у Москві збираються будувати потужності з гідрофлотації відходів.

В Ізраїлі запрацював перший в світі завод з переробки побутових відходів на основі плазмово-хімічних процесів. Плазменна технологія, на основі якої побудований завод належить ізраїльській фірми ЕЕК (Environmental Energy Resources)

Гідромеханічна технологія автоматизована, на заводі 300 тонн/добу трудяться всього 20 осіб (включаючи адміністрацію та менеджмент). Ручна праця застосовується тільки на сортуванні великогабаритних відходів: акумуляторів, телевізорів і т.д. Автоматизація дає величезний вигаш в собівартості переробки ТПВ.

Завод отримує прибуток від: продажу вторсировини, від продажу надлишків зеленої електрики (або газу), від високоякісного компосту, від карбон кредиту (за зменшення парникових газів) і від муніципалітету за утилізацію сміття. Завод повністю окупається за 5-7 років.

Для сортування твердих побутових відходів використовується вода, яка є природним нейтралізатором запахів. Спочатку не сортоване сміття надходить в приймальне відділення, обладнане витяжними вентиляторами. Потім його проганяють через водний потік, де органічні й неорганічні маси розділяються методом гравітаційного регулювання водним потоком.

Аналіз окремих прикладів співпраці України з іноземними інвесторами підтверджує можливість ефективного вирішення проблеми сміття. Отже, можна констатувати, що тільки об'єднання зусиль суспільства та соціально відповідального бізнесу, залучення світового досвіду, технологій та обладнання

дозволить розв'язати проблему відходів і розробити план конкретних дій щодо покращання стану довкілля. У цьому напрямку пріоритетами повинні стати, насамперед, сучасність підходу до вивезення й утилізації сміття, поетапне будівництво за міжнародними нормами полігонів, заводів по переробці сміття, забезпечення спеціалізованою технікою за кошти фірми-інвестора та схемами утилізації, відповідна інформаційно-просвітницька робота серед населення.

Отже, на сьогоднішній день для збереження природних ресурсів, ґрунту, ґрунтових вод і захисту їх від забруднення одним з найперспективніших напрямів з утилізації та сортуванню твердих побутових відходів є технологія гідро-флотації ТПВ. Екологічний аналіз показав, що унікальна технологія сортування сміття, методом гідро-флотації, має перспективне майбутнє, так як процес сортування сміття має замкнутий цикл - до 90% усіх побутових відходів після такого сортування набувають друге життя. При цьому скорочується кількість відходів і звільняються корисні площі - колишні полігони твердих побутових відходів для подальшого продуктивного їх використання.

Розділ 1 Аналіз поточного стану галузі поводження з ТПВ в Україні та за кордоном

Структура ТПВ є вирішальним чинником для розвитку системи поводження з відходами. Тобто якісний склад відходів визначає вимоги до систем їх збору та утилізації, а також заходи, які мають застосовуватися в межах поводження з ТПВ. Роль цього показника суттєво зростає при необхідності вибору моделей переробки ТПВ.

На жаль, до сьогодні в Україні не здійснювалися систематичні дослідження структури ТПВ. Єдиними джерелами статистичних даних можуть слугувати невеликі дослідження, які проводилися операторами ТПВ та відповідними асоціаціями в той чи інший час у тих чи інших регіонах. Їх результати суттєво різняться між собою. Наприклад, згідно з дослідженнями, проведеними в межах національного проекту «Чисте місто», найбільші частки у структурі ТПВ припадають на продукти харчування (більше ніж 30% загального обсягу) та відходи упаковки, в основному картон і папір. За даними Шостого національного повідомлення України з питань зміни клімату, до структури ТПВ входять харчові відходи — 35–50%, папір і картон — 10–15%, вторинні полімери — 9–13%, скло — 8–10%, метали — 2%, текстиль — 4–6%, будівельні відходи — 5%, деревина — 1% та інші відходи — 10%.

Розбіжності в даних, скоріше за все, пов'язані з обмеженим обсягом вибірки. Окрім того, можливо, що частину органічних відходів не було включено до оцінки. До категорії «Інші відходи» належать небезпечні відходи й великогабаритне сміття, електронні прилади, в яких закінчився строк експлуатації, та інші менш важливі види відходів. Якщо порівнювати структуру утворення ТПВ в Україні та країнах ЄС (рис. 3), можна дійти висновку, що в Україні ця структура ближча до країн Східної Європи (Польща, Чеська Республіка, Словаччина, країни Балтії та інші). В Україні частка органічних відходів вища, ніж у країнах Європи, тоді як частки скла та пластика відносно невеликі.

Наразі в Україні працює лише одне з чотирьох сміттєспалювальних підприємств, побудованих ще за радянських часів, — Київський сміттєспалювальний завод, потужність якого становить 300 000 тонн на рік. Проте двадцятип'ятирічний строк експлуатації всіх цих підприємств уже сплинув. Окрім цього, функціонує дві мобільні сміттєспалювальні установки в Харкові та одна стаціонарна установка в Харківській області. В окремих містах діє 21 лінія сортування відходів. Кількість великих та малих міст, у яких було запроваджено роздільне збирання відходів, суттєво збільшилася: з п'яти у 2004 році до 53 у 2010-му, 130 у 2011-му та 185 у 2012-му. У 2013 році роздільне збирання відходів було запроваджено у 503 містах, що відповідає лише 1,7% від загальної кількості населених пунктів у міській та сільській місцевостях. Система збору відходів охоплює в середньому 78% населення країни. Зношеність спеціалізованих автотранспортних засобів на 2013 рік становила 66%¹⁶. В Україні переробляється та спалюється лише 3,7% ТПВ: 1,2% спалюється і 2,5% переробляється. У ЄС рівень переробки в середньому становить 60%.

Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України були опубліковані дані щодо збору та утилізації різних фракцій ТПВ у 2011 році. Вважалося, що не вивезені на полігони та звалища відходи були утилізовані на сміттєспалювальних заводах або потрапили до центрів збору вторинної сировини. Дані щодо перевезення первинних відходів не відображають фактичної ситуації з їх переробкою і, з великою вірогідністю, є завищеними: частина матеріалів може вивозитися на полігони. Окрім того, після переробки залишки матеріалів спрямовуються на ті самі полігони. Проте ці дані є підтвердженням того, що ситуація у сфері роздільного збирання відходів та переробки цінних компонентів ТПВ в Україні поліпшується. Показники переробки за типами матеріалів: папір — 28%, пластик — 35%, метали — 1%, скло — 14%, текстиль — 18%.

1.1. Переробка вторинних відходів

За даними інвентаризації полігонів для зберігання ТПВ, станом на 2013 рік у країні функціонувало більше 6 700 звалищ та полігонів, що займали площу понад 10 000 га. Більше 15% полігонів були перевантажені, 21% з них не відповідали санітарним вимогам. Значна частка відходів вивозилася на незаконні звалища (30 000 полігонів загальною площею 2 000 га). Загалом поточну ситуацію в Україні можна охарактеризувати таким чином:

- підвищення питомих обсягів утворення ТПВ (на 70% за період 2000–2010 років) попри зменшення кількості населення;
- підвищення частки фракцій, що переробляються, у структурі ТПВ та, відповідно, розбудова потужностей у сфері переробки відходів;
- низьке охоплення населення в сільській місцевості послугами зі збирання відходів;
- низький рівень переробки відходів (менше 8%) попри швидке зростання кількості міст, в яких реалізується їх роздільне збирання;
- збільшення обсягу вивозу ТПВ на полігони та несанкціоновані звалища.

Накопичення відходів на полігонах та звалищах підвищує забруднення атмосфери, ґрунту, підземних вод та поверхневих водоймищ, порушує функціонування екосистем, завдає шкоди сільському господарству та будівництву (оскільки супроводжується виводом земельних ділянок з господарського обігу). Окрім того, викиди звалищного газу спричиняють негативний вплив на зміну клімату. Наявна структура галузі поводження з відходами не дозволяє реалізувати економічний потенціал вторинного використання ресурсів та зменшити навантаження на навколишнє середовище. Більшість діючих полігонів морально та фізично застаріли і в майбутньому не зможуть приймати зростаючий обсяг відходів. Подальша експлуатація інфраструктури захоронення ТПВ зрештою спричинить серйозні екологічні наслідки, небезпечні для здоров'я нації.

1.2. Аналіз законодавчих та інституційних засад поводження з відходами в Україні

Дотримання законодавчих вимог та правових ініціатив Нормативно-правова база Основними документами, що визначають принципи поводження з відходами та пріоритети в цій сфері, є закони України «Про відходи» і «Про охорону навколишнього природного середовища»¹⁹. Відповідно до змін та доповнень до законодавчих актів, ухвалених протягом 2008—2014 років, визначено такі стратегічні пріоритети розвитку галузі:

- необхідність розробки технологій та заходів, спрямованих на мінімізацію утворення, переробку та очищення відходів (включаючи комунальний і промисловий компоненти);

- надання економічних переваг компаніям, які впроваджують зазначені технології та заходи;

- запобігання захороненню відходів, що підлягають переробці;

- покладання відповідальності за негативні наслідки для навколишнього середовища (та усунення шкоди, якої було завдано навколишньому середовищу) на забруднювача навколишнього середовища;

- упровадження екологічного податку.

Згідно із Законом України «Про відходи», до основних напрямів державної політики у сфері поводження з відходами належать:

- 1) забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки при поводженні з ними;

- 2) зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення їх небезпечності;

- 3) забезпечення комплексного використання первинних матеріальних ресурсів;

- 4) сприяння максимально можливій утилізації відходів;

- 5) забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій, екологічно безпечних

практик поводження з відходами. Ці напрями класифіковані в порядку пріоритетності за сходами Лансінка та відповідають нормам європейської Директиви щодо поводження з відходами.

Відповідно до ухвалених у 2012 році змін до Закону, різні категорії споживачів мають укладати угоди на утилізацію ТПВ, сплачувати за відповідні послуги та забезпечувати роздільне збирання відходів (ст. 35-1). З 1 січня 2018 року вводиться в дію заборона на захоронення неперероблених відходів на полігонах (ст. 32). У межах основних напрямів реалізації політики у сфері охорони навколишнього середовища в Україні на період до 2020 року, яку було ухвалено у 2011-му²⁰, поводження з ТПВ не стало головним пріоритетом. Визначені не надто високі цілі у сфері поводження з ТПВ (порівняно із цілями за іншими напрямами):

- підвищити показник переробки ТПВ у півтора рази до 2020 року, що, з урахуванням поточного значення (від 3 до 8%), дозволить досягти рівня лише 12%, тоді як відповідна директива ЄС вимагає забезпечення за той же період переробки 50% відходів;
- забезпечити до 2015 року зберігання на спеціалізованих та екологічно безпечних полігонах 70% ТПВ міст із населенням більше 250 000 осіб, що не є амбітним (в Україні нараховується 26 міст із населенням більше 250 000 людей, в яких проживає 34% від загальної кількості населення країни. Таким чином, лише третину населення України буде охоплено послугами екологічно безпечного видалення відходів).

Водночас Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, яку було ратифіковано 16 вересня 2014 року, визначає принципи співробітництва, яке має бути спрямоване на збереження, охорону, поліпшення та відновлення якості навколишнього середовища, охорону здоров'я, ощадливе та раціональне використання природних ресурсів і просування на міжнародному рівні заходів, спрямованих на вирішення регіональних і глобальних екологічних проблем, у тому числі в галузі поводження з відходами й управління ресурсами. Угода про асоціацію також передбачає графік поступового наближення українського законодавства в галузі поводження з відходами та управління ресурсами до

законодавства й політики ЄС у цій же сфері, які є безпечними для навколишнього середовища.

Окрім того, слід зазначити, що питання поводження з відходами було включено до коаліційної угоди між партіями, що увійшли до складу Верховної Ради України (від 21 листопада 2014 року). У зазначеному документі передбачено впровадження розширеної відповідальності виробника згідно з принципом «забруднювач платить» стосовно відходів упаковки та відповідальності виробника (первинного імпортера) за весь життєвий цикл продукції, включаючи відповідальність (безпосередню та/або фінансову) за утилізацію такої продукції. Важливим чинником, що стимулює утилізацію відходів і використання звалищного газу як альтернативного палива, стало ухвалення змін та доповнень до Закону України «Про електроенергетику». Згідно з ними, тариф, за яким здійснюється закупівля електричної енергії, отриманої шляхом спалення звалищного газу, помножується на 2,3 (тобто на так званий «зелений», або пільговий, коефіцієнт). Це сприятиме закриттю полігонів з метою використання звалищного газу. «Зелений» тариф було впроваджено у другому кварталі 2013 року спочатку лише для нових об'єктів. Слід зазначити, що нещодавно до Верховної Ради України було подано (але ще не зареєстровано) інший проект закону. Згідно з ним, пропонується підвищити коефіцієнт «зеленого» тарифу до 3,0 (замість 2,3) для закупівлі електричної енергії з біогазу, до складу якого входить звалищний газ. Якщо ці зміни будуть затверджені, поточні дискусії щодо того, чи належить звалищний газ до біогазу, утратять сенс. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у сфері поводження з відходами»²¹, ухвалений у січні 2010 року, передбачає затвердження норм щодо послуг перевезення побутових відходів. Лише четверта частина міст розробила та затвердила схеми проведення санітарно-профілактичних заходів, проте ситуація поступово змінюється.

1.3. Законодавчі основи переробки відходів та впровадження принципу розширеної відповідальності виробника

На національному рівні вживаються заходи, спрямовані на врегулювання питань поводження з відходами упаковки та пакувальних матеріалів. Низка постанов охоплює питання збору й утилізації паперу, скла, металів, текстильних матеріалів та шин. По суті, йдеться про впровадження принципу розширеної відповідальності виробника, хоча прямо цей принцип не згадується у жодному законодавчому або нормативному акті. Виробників товарів в упаковці зобов'язали забезпечити повернення та переробку її відходів самостійно або шляхом передання цього зобов'язання державному підприємству «Укресресурси» (яке було створено у 2001 році) або будь-якій іншій спеціалізованій організації²³. Контроль належного використання коштів здійснює Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Зібрані кошти спрямовуються на:

- придбання спеціального обладнання, машин, механізмів для збирання, заготівлі та утилізації відходів;
- розвиток системи збирання, заготівлі та утилізації використаних пакувальних матеріалів і тари в регіонах;
- створення потужностей з утилізації відходів як вторинної сировини;
- розроблення та реалізацію в регіонах інвестиційних проектів;
- часткову компенсацію витрат, пов'язаних зі сплатою відсотків за корпоративними кредитами на придбання спеціального обладнання, машин та механізмів для провадження господарської діяльності, пов'язаної зі збиранням, заготівлею та утилізацією відходів як вторинної сировини;
- будівництво й утримання пунктів приймання вторинної сировини, у тому числі автоматизованих;
- створення та забезпечення функціонування інформаційно-аналітичної системи й банку даних у сфері поводження з відходами як із вторинною сировиною. Важливим моментом є те, що державне підприємство «Укресресурси» отримало право виділяти субсидії компаніям — надавачам

послуг роздільного збирання відходів. Проте на практиці зазначене підприємство залишається узаконеним монополістом у цій галузі, оскільки воно самостійно розпоряджається отриманими коштами і може не завжди використовувати їх максимально ефективно. На противагу антимонопольному регулюванню можна було б запровадити конкуренцію та дозволити компаніям, які виграли тендер, вести діяльність на міжрегіональному рівні.

Розділ 2. Аналіз обладнання для подрібнення полімерної упаковки

Валкові дробарки подрібнюють матеріал за допомогою роздавлювання і стирання між двома циліндричними поверхнями валків, що обертаються назустріч один одному.

Валкові машини для подрібнення і переробки матеріалів поділяються на такі групи:

- 1) валкові дробарки із зубчатими, рифленими і гладкими валками;
- 2) вальці для переробки глиняних мас;
- 3) дірчасті і каменеvidні вальці;
- 4) валкові агрегати для тонкого подрібнення (розпушування) матеріалу - бігуни.

Валкові дробарки в свою чергу класифікуються наступним об-разом.

За призначенням і форм робочої поверхні:

- а) для тонкого, дрібного і середнього дроблення матеріалів - з гладкою поверхнею валків, з поздовжніми напівкруглими виїмками наодному з валків (рис.1, а, б);
- б) для великого дроблення глинистих матеріалів з зубчастими валками (рис.1, в);
- в) для середнього і дрібного дроблення глинистих матеріалів і видалення каменів - з одним гладким і іншим рифленим валками (рис..1, д) і з валка-ми, що мають гвинтову поверхню (рис.1, е).

За методом установки підшипників валків:

- а) з однією парою рухомих і однією парою нерухомих підшипників (рис.1);
- б) з нерухомо встановленими підшипниками;
- в) з рухомими підшипниками у двох валків.

За кількістю валків в дробарках:

а) з одного;

б) з двома;

в) з чотирма.

По пристрою приводу:

а) з редукторним і карданными валами (рис.1, а);

б) з шестерним приводом (рис.1, в);

в) з ремінною передачею (рис.1, б);

г) з редукторним і ремінною передачею (рис.1, г).

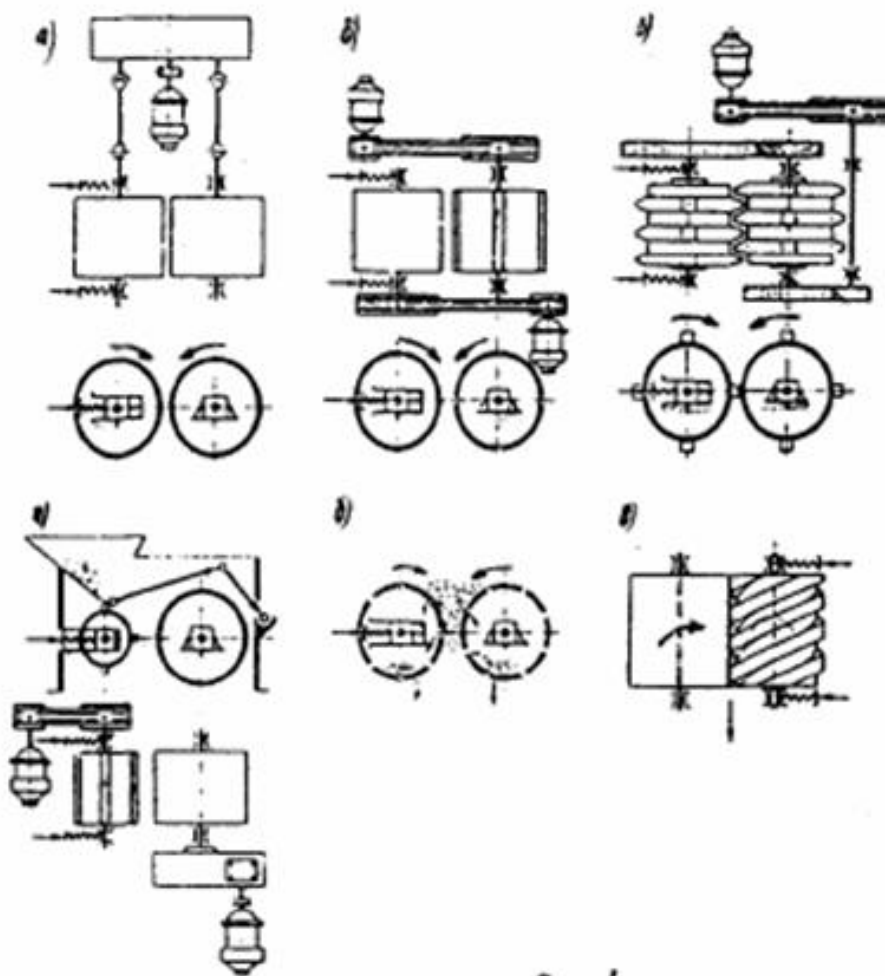


Рис. 1 - Основні схеми валкових дробарок

Застосовують також одно валкові дробарки (рис. 2, б). Так як ступінь подрібнення у валкових дробарок невелика (для дробарок з гладкими валками - 4 ... 6), для кращої обробки маси іноді застосовують послідовно дві дробарки (рис. 2, в) або багато валкові дробарки (рис. 2, г) . При обертанні одного з валків з більшою швидкістю крім роздавлювання відбувається також і стирання матеріалу. У разі застосування рифлених поверхонь матеріал відчуває в якійсь мірі розколую дію-віє, а при швидкому обертанні ребристого валка - дія удару. Зубчасті валкові дробарки подрібнюють м'які матеріали шляхом різання і як би розривають шматки на частини. Завдяки різній конструкції робочих поверхонь валкові дробарки в промисловості будівельних матеріалів широко застосовують для дроблення як міцних і середньої міцності порід і штучних матеріалів

(вапняк, шамот), так і м'яких і в'язких матеріалів (вугілля, крейда, глина). У виробництві тепло-ізоляційних матеріалів дірчасті вальці, наприклад, використовуються не тільки для подрібнення глини, а й для попутного формування з неї гранул. Вальці з заглибленнями на робочій поверхні застосовують для отримання брикетів.

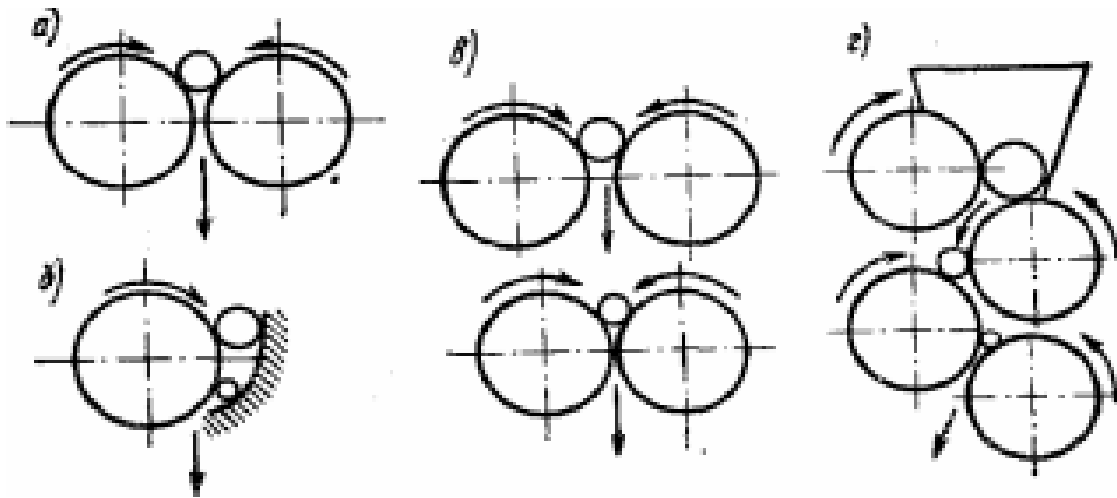


Рис. 2 - Схеми розташування валків валкових дробарок

У валкових дробарках подрібнення матеріалу здійснюється роздавшлив'ям, частково розтиранням, ударом або вигином між двома обертаючими назустріч один одному валками з гладкою, зубчастою або рифленою поверхнями.

Переваги валкових дробарок: простота пристрою, надійність в роботі, невелика витрата енергії. Недоліки: дробарка з гладкими валками може подрібнювати відносно невеликі шматки матеріалу, невелика продуктивність, наявність вібрації і необхідність рівномірного НЕ-перериваного харчування валків щоб уникнути зниження їх ефективності. К не-статків валкових дробарок можна віднести також неоднорідний зерновий склад готового продукту з великою кількістю плоских і подовжених зерен.

Найбільш поширені дробарки з гладкими валками, які застосовуються для середнього і дрібного дроблення порід середньої міцності ($\sigma_{ст} = 150$ МПа), з

рифленими і зубчастими валками, що використовуються для крупного і середнього дроблення крихких і м'яких порід ($\sigma_{ст} \leq 80\text{МПа}$).

У виробництві теплоізоляційних матеріалів використовуються дірчаті вальці для подрібнення глини і для попутного формування з неї гранул.

У шестерний привід через рухливості валків шестерні виконують з подовженими зубами, що знижує надійність його роботи. Тому в сучасних конструкціях кожен валок має привід через карданні вали або індивідуальний привід.

За конструктивним виконанням валкові дробарки бувають одно-, дво- і чотирьох валкові. В останньому випадку одна пара валків розташовується над іншою, тобто чотирьох валкова дробарка являє собою дві двох валкові дробарки, змонтовані в одному корпусі. Зазначене поєднання пар валків забезпечує двостадійне подрібнення: грубе - верхньою парою, тонке - нижньою. Ступінь подрібнення становить $16 \div 20$. Валкові дробарки дрібного і середнього дроблення мають конструктивні оформлення у вигляді валків з гладкою, рифленою або зубчастою поверхнею і по-різному оформленим приводом. Зазор між валками встановлюється 3-30 мм. Валки, підшипники, направляючі, пружинні амортизатори і привід валків відрізняються різноманітністю конструкцій. Привід валків здійснюється від електродвигуна через редуктор і карданні вали, які забезпечують передачуобертання валками.

При різній кутовій швидкості валків з гладкою поверхнею, вони дроблять матеріал роздавлюванням і стиранням, а в дробарках з зубчастими валками - ударом і вигином.

Для тонкого подрібнення матеріалів застосовують валки з гладкою поповерхнею. Зазор між валками становить 1-2 мм. Для забезпечення розчавлюючого впливу, і истираючого валки обертаються з різною частотою і мають, як правило, індивідуальний привід. Так як стирання впливає на подрібнюваний матеріал інтенсифікує знос робочої поверхні валків в середній

частині, використовуються валки зі змінними бандажами, виготовленими із загартованого чавуну, вуглецевої або марганцевистої сталі.

Валкові дробарки, які використовуються в промисловості будівельних матеріалів, мають валки діаметром 0,4-1,5 м і шириною $0,4 \div 1,0$ м. Ступінь подрібнення в залежності від властивостей матеріалу, що подрібнюється, конструкції валків і принципу дії дробарки, ступінь подрібнення в них наступна: для твердих порід - до 4, для м'яких в'язких - до $6 \div 8$, при дробленні в зубчатих валках в'язких глинистих матеріалів - $11 \div 12$ і більше.

Продуктивність в залежності від розміру валків, частоти їх обертання і виду матеріалу, що подрібнюється коливається від 1,4 до 27,0 кг / с ($5 \div 100$ т / год) і більш. Для середнього дроблення глинистих пластичних матеріалів з одночасним видаленням твердих включень (каміння, чужорідних тіл) використовуються каменеvidні (дезінтеграторні) валкові дробарки (рис.1, г). Валки мають різні діаметри, крім того, великий валок з гладкою поверхнею, а менший - з ребристою.

Є каменеvidні дробарки (див.рис.1), у яких один з валків виконаний з гвинтовою поверхнею. Глиняна маса подається в зазор між валками, при цьому відносно великі кам'янисті шматки не затягуються між валками і під дією гвинтової поверхні виводяться із зони валків.

Валкова дробарка (рис. 3) складається з станини 4, приводного вала 2 з клинопасовим шківом 6, передає обертання зубчастою парою 1 валку 3, а від нього зубчастою передачею 5 валку 7. Вал валка 3 спирається на роликові підшипники, нерухомо укріплені на станині. Підшипники вала 10 установлені в напрямних станини рухомо, але під час роботи вони притиснуті пружинами 9 до упорів 11. Положення упорів визначає величину зазору між валками. При попаданні неподрібнюваного матеріалу валок відсувається вправо, стискаючи пружини, і неподрібнюваний шматок проходить в збільшився зазор, після чого

пружини повертають валок в початкове положення і робота дробарки триває. Валки мають збірну конструкцію.

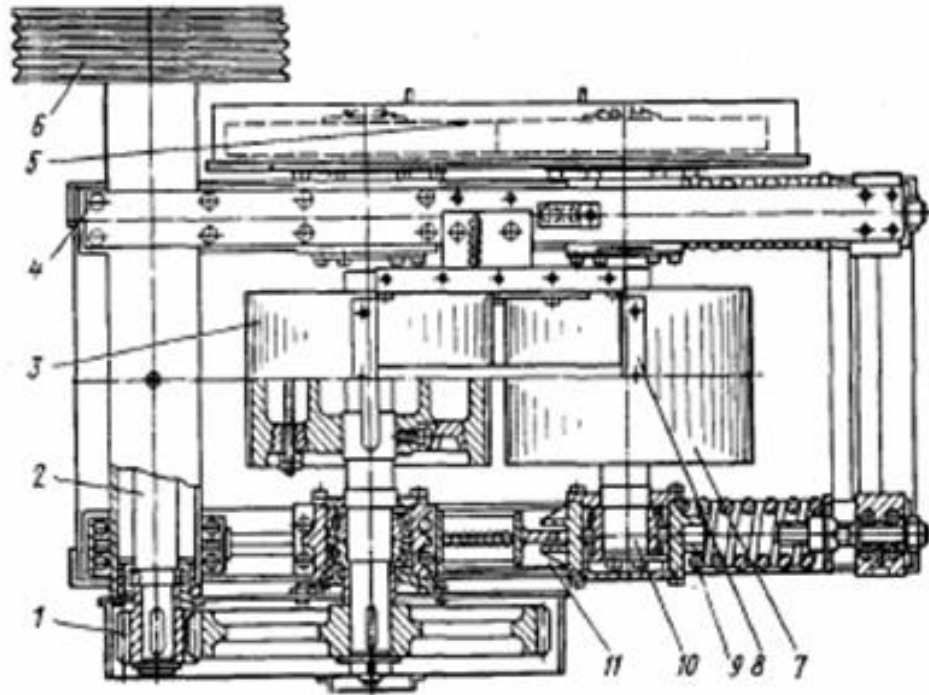


Рис. 3 - Валкова дробарка

У дробарки СМ-12 діаметр валків 610 мм, довжина 400 мм, частотаобертання 75 хв^{-1} . При ширині щілини між валками, що дорівнює 30 мм, дробарка забезпечує продуктивність $27 \text{ м}^3 / \text{год}$. Щоб при відхилюванні валка не порушувалось зачеплення шестерень 5, вони мають подовжені зуби. З тією ж метою у валкової дробарки з дірчастою поверхнею валків використана ланцюгова передача; застосовують також привід кожного валка від індивідуального електродвигуна через клинопасову передачу. При дробленні глини з кам'янистими включеннями застосовують гвинтові вальці (один з валків має гвинтову нарізку, скидають кам'яністі включення).

Розділ 3. Теорії подрібнення та розрахунок дробарок

3.1. Теорія подрібнення

Основне питання теорій подрібнення полягає у встановленні зв'язку між витратами енергії та розмірами кінцевих і початкових шматків матеріалу, їх формою, взаємним розташуванням, фізико-механічними властивостями та інше. У зв'язку з великою кількістю впливаючих чинників існуючі теорії подрібнення, що характеризують енерговитрати у загальному вигляді з урахуванням лише найважливіших параметрів процесу та матеріалу.

Згідно з гіпотезою П. Ріттінгера робота при подрібненні матеріалу пропорційна площі новоутвореної поверхні ΔF :

$$A = K_1 \Delta F,$$

де K_1 – коефіцієнт пропорційності.

Величину ΔF можна виразити через початкові d_n та кінцеві d_k розміри шматків подрібнюваного матеріалу. Якщо припустити, що шматки мають форму куба з розміром ребер до d_n та $d_k = d_n/i$ після подрібнення, то можна визначити

$$\Delta F = F_k - F_n = 6i^3 (d_n/i)^2 - 6d_n^2 = 6d_n^2 (i - 1).$$

При подрібненні Q (m^3) матеріалу із середнім розміром шматків d_n загальне число подрібнюваних частинок дорівнює Q/d_n^3 , а робота подрібнення відповідно до формули

$$A = 6K_1 Q (i - 1) / d_n.$$

При масі подрібнюваного матеріалу Q_m (кг)

$$A = 6K_1 Q_m (i - 1) / (\rho d_n) = K_R Q_m (i - 1) / d_n,$$

де ρ – щільність матеріалу;

K_R – коефіцієнт пропорційності між роботою, що затрачена, та новоутвореною поверхнею.

Теорія Ріттінгера не враховує зміни форми тіл при подрібненні. Унаслідок цього вона не придатна для опису процесів дроблення у випадках, коли готовий продукт має малу питому поверхню.

Кирпичов В.Л. (1874) і Ф. Кік (1885) установили, що енергія, необхідна для однакової зміни форми подібних і однорідних тіл, пропорційна їх об'ємам, тобто

$$A = k_2 d_H^3,$$

де k_2 – коефіцієнт пропорційності.

При подрібненні Q_M (кг) матеріалу із середнім розміром шматків d_H загальна кількість подрібнюваних шматків дорівнює $Q_M/(\rho d_H^3)$, відповідно, робота подрібнення

$$A = k_2 Q_M / \rho,$$

де ρ – щільність шматка, кг/м³.

Розглянуті гіпотези подрібнення відображають тільки частину складних процесів, що відбуваються при подрібненні.

Теорія Кирпичова-Кіка оцінює енергію, яка витрачається на деформацію матеріалу, та не враховує витрати на утворення нових поверхонь. Її доцільно застосовувати при великому та середньому дробленні, коли вплив новоутворюваних поверхонь незначний. Теорія Ріттінгера не враховує витрати енергії на пружну деформацію шматків. Вона найбільш застосовна при дрібному дробленні та помелі матеріалів.

У реальному процесі подрібнення деформація шматків та утворення нових поверхонь відбувається одночасно. У зв'язку з цим багато вчених прагнули оцінити ці явища у комплексі.

Так, П.А. Ребіндер (1940) та Ф. Бонд (1951) запропонували визначати енерговитрати при дробленні з урахуванням роботи як деформації шматків, так і утворення нових поверхонь.

На основі дослідних випробовувань запропонована емпірична формула для розрахунку потужності електродвигуна дробарок:

$$N = 0,13E_i K_m Q_m (\sqrt{i} - 1) / \sqrt{d_n}, \text{ кВт},$$

де E_i – енергетичний показник, який залежить від фізико-механічних властивостей подрібнюваного матеріалу;

K_m – коефіцієнт масштабного чинника (визначається залежно від d_n [3]);

d_n – середньозважений розмір шматків початкового матеріалу, м;

Q_m – продуктивність, кг/с.

3.2. Розрахунок параметрів щоккових, конусних, валкових дробарок

Ефективна робота дробарок та бігунів забезпечується за умови гарантованого затискання шматків матеріалу між робочими органами.

З вищевикладеного випливає, що дробарки та бігуни мають різні форми та траєкторію руху робочого органа. Проте силова взаємодія між робочими органами і подрібнюваним матеріалом у них однакова. Це зумовлене тим, що всі вони руйнують матеріал шляхом стиснення.

На рис. 2.9 показані сили, які діють на шматок подрібненого матеріалу, затиснений, наприклад, між валками, що обертаються назустріч один одному. Дотичні AC і AB до кіл у точках контакту шматка подрібненого матеріалу з валками можна розглядати як сліди робочих поверхонь камер подрібнення щоккових та конусних дробарок. У той же час взаємодія між лівим валком, шматком подрібненого матеріалу та нерухомою поверхнею AC ілюструє робочий процес у бігунах, коли коток перекочується по піддону. Збоку робочих органів машини на шматок подрібненого матеріалу по нормалі до контактуючих поверхонь діють активні сили Q , рівнодіюча яких дорівнює

$$P = 2Q \sin \frac{\alpha}{2},$$

де α – кут захоплення.

Ця сила прагне витіснити шматок матеріалу з камери дроблення. Сили тертя між робочими органами машин і шматком дробленого матеріалу повинні утримувати його. Таким чином, гарантоване захоплення шматка буде забезпечено за умови, що сили тертя будуть більші за виштовхувальні сили, тобто при виконанні наступної нерівності:

$$P \leq 2fQ \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{або} \quad 2Q \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \leq 2Qf \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

де $2fQ \cos\frac{\alpha}{2}$ – проекція сил тертя на вертикальну вісь.

Звідки випливає, що

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq f. \quad (2.1)$$

Виразивши коефіцієнт тертя між шматком подрібнюваного матеріалу та робочою поверхнею машин через кут тертя φ , тобто $f = \operatorname{tg} \varphi$, отримаємо, що сумарний кут захоплення повинен бути менший за подвійний кут тертя:

$$\alpha \leq 2\varphi. \quad (2.2)$$

Отже, умова захоплення правдива і подальше дроблення можливе, коли кут захоплення дорівнює або менший за подвійний кут тертя. Наприклад, при коефіцієнті тертя каменя по металу $f=0,3\dots0,35$, кут тертя $\varphi=16\dots19^\circ$ та кут захоплення відповідно не повинен перевищувати значення $\alpha < 32\dots38^\circ$. На практиці беруть $\alpha=36^\circ$.

Отже, можна взяти відношення $e/d = 0,25$. На практиці встановлено, що при подрібненні міцних матеріалів, які мають певні коефіцієнти тертя, та прийнятих відповідних значеннях $\alpha \leq 2\varphi$, співвідношення між діаметрами D та d будуть рівні: для гладких валків $D/d = 17...20$; для рифлених валків $D/d = 10$; для зубчатих $D/d = 2...4$.

Розглядаючи геометричні співвідношення для бігунів з трикутника O_2O_1M , маємо

$$O_2M = \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) \cos \alpha,$$

причому

$$O_2M = O_2 - MN = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}.$$

Прирівнюючи значення O_2M , отримаємо

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{D}{2} - \frac{d}{2} \quad \text{або} \quad \left(\frac{D}{d} + 1 \right) \cos \alpha = \frac{D}{d} - 1.$$

Звідки

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}. \quad (2.4)$$

При подрібненні сухих міцних матеріалів відношення діаметра котка до діаметра шматка матеріалу складає $D/d = 11$, а при подрібненні глиняних матеріалів $D/d = 5...6$.

Хід рухомої щочки (хід стиснення), або розмах коливань конуса, у відповідних дробарках є одним з найважливіших параметрів, від якого залежать ефективність роботи машин та їхні техніко-експлуатаційні показники. Величина ходу стиснення повинна забезпечувати інтенсивний процес подрібнення та відповідати ефективній сукупності основних показників процесу: продуктивності, ступеня подрібнення, витрати енергії.

Для подрібнення матеріалу необхідне виконання умови дроблення: хід щочки S в точці контакту зі шматком подрібнюваного матеріалу повинен забезпечити таку його деформацію, яка викликає руйнування шматка, тобто

$$S \geq \varepsilon d,$$

де $\varepsilon = \sigma_{сж} / E$ – відносна деформація стиснення;

$\sigma_{сж}$ – межа міцності подрібнюваного матеріалу при стисненні;

E – модуль поздовжньої пружності.

Унаслідок нестабільності фізико-механічних властивостей подрібнених матеріалів, невизначеності форми шматків та їх взаємодії з робочими органами дробарки хід стиснення вибирають з великим запасом за дослідними даними.

Наприклад, хід стиснення (мм) для щоккових дробарок рекомендується вибирати за формулами:

– для дробарок з простим рухом щоки

$$S_B = (0,01 \dots 0,03)B; \quad S_H = 8 + 0,26b;$$

– для дробарок зі складним рухом щоки

$$S_B = (0,03 \dots 0,06)B; \quad S_H = 7 + 0,10b,$$

де S_B та S_H – хід щоки, відповідно, у верхній та нижній частині камери дроблення (проекція траєкторії руху відповідної точки на перпендикуляр до нерухої щоки), мм;

B і b – ширина, відповідно, приймального отвору та вихідної щілини, мм.

Продуктивність щоккових та конусних дробарок розраховується з умови, що розвантаження продукту з камери дроблення відбувається при відході рухої щоки (рухомого конуса) від нерухомих стінок.

Із щоккової дробарки (рис. 2.10, а) при відході щоки вправо на хід S_H вивантажується призма матеріалу об'ємом

$$V_0 = (e + b)L \frac{h}{2}, \quad \text{м}^3,$$

де e – ширина вихідної щілини при зближеному положенні щік, м;

b – ширина вихідної щілини при максимальному розкритті камери дроблення, м;

L – довжина камери дроблення, м;

h – висота падіння матеріалу, м.

При частоті обертання вала дробарки n (об/с) теоретична продуктивність дорівнює $\Pi = V_0 n$, м³/с.

З рис. 2.10 а, випливає, що

$$h = \frac{S_H}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Тоді з урахуванням розпушеності матеріалу в даній призмі технічна продуктивність щоківих дробарок буде дорівнювати:

$$\Pi_T = \frac{k_p n (e + b) S_H L}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.5)$$

де $k_p = 0,4 \dots 0,5$ – коефіцієнт розпушеності, що враховує нещільність розташування частинок подрібненого матеріалу в камері дроблення.

Формула (2.5) отримана при певних допущеннях та не завжди дає точні результати.

У роботі [5] запропоновано використовувати формулу розрахунку продуктивності з урахуванням чинників, що впливають на процес дроблення:

$$\Pi_T = \frac{c L n b (B + b) S_{cp}}{2 D_{cb} \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.6)$$

де c – коефіцієнт кінематики, який дорівнює для дробарок зі складним рухом щоки – 7, а для дробарок з простим рухом щоки – 0,85;

B – ширина камери дроблення в зоні завантаження, м;

S_{cp} – середній хід щоки, м;

D_{cb} – середньозважений розмір шматків у вихідному матеріалі, м; для дробарок з $B < 600$ мм $D_{cb} = B$; для дробарок з $B > 900$ мм $D_{cb} = (0,3 \dots 0,4) B$.

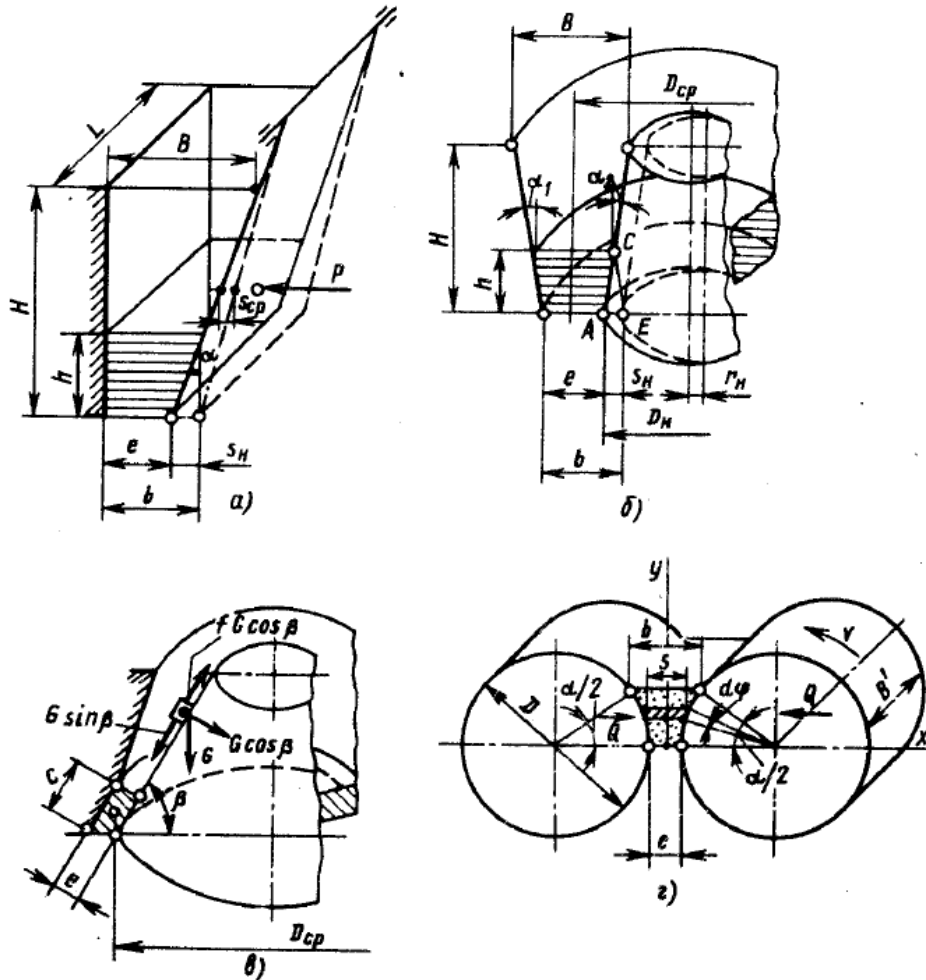


Рисунок 2.10 – Схеми для розрахунку параметрів дробарок

З конусних дробарок великого дроблення (рис. 2.10, б) за одну обкатку рухомого конуса випадає кільце матеріалу об'ємом

$$V_0 = \pi D_H (2e + S_H) h / 2, \text{ м}^3,$$

де D_H – діаметр основи рухомого конуса, м;

$S_H = 2r_H$ – переміщення конуса на рівні вихідної щілини, м;

r_H – розмах коливань осі конуса на тому самому рівні, м.

З трикутника ACE (рис. 2.10, б) висота кільця

$$h = \frac{2r_H}{\text{tg } \alpha_1 + \text{tg } \alpha_2},$$

де α_1 та α_2 – кути нахилу твірної до вертикалі, відповідно, нерухомого та рухомого конусів, град.

Технічна продуктивність дробарок великого дроблення

$$\text{м}^3/\text{с} \quad (2.7)$$

$$\Pi_T = \frac{k_p 2\pi D_n n (e + r_n) r_n}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2},$$

Коефіцієнт розпушення для конусних дробарок більший, ніж для щоккових; його беруть рівним $k_p = 0,7 \dots 0,8$. Це пов'язано з тим, що перекочувальний рух дробильного конуса сприяє кращому заповненню матеріалом камери дроблення та площа вихідного отвору завжди залишається постійною, а змінюється лише положення рухомого конуса в камері дроблення. Геометричні та кінематичні параметри конусних дробарок для середнього та дрібного дроблення вибирають з умови забезпечення рівності часу обертання конуса і часу, необхідного на проходження шматком паралельної зони c (рис. 2.10, в).

При розрахунку продуктивності машин КСП і КДП припускають, що за один оберт конуса вивантажується кільцевий об'єм матеріалу з перерізом ce (рис. 2.10, в) та середнім діаметром кільця D_{cp} . Зазвичай розмір зони c беруть рівною $c = D_n/12$, а $D_{cp} \approx D_n$. Тоді технічна продуктивність дробарок КСП і КДП

$$\Pi_T = k_p \pi D_n c e n, \quad (2.10)$$

З валкових дробарок (рис. 2.10, г) подрібнений матеріал виходить безперервною стрічкою перерізом $F = B'e$ зі швидкістю, яка дорівнює колій швидкості валків $v = \pi D n$.

Технічна продуктивність валкових дробарок

$$\Pi_T = k_p F v = k_p \pi D n B' e, \quad (2.11)$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує неповноту використання довжини валків і розпушеності матеріалу; при дробленні міцних матеріалів $k_p = 0,2 \dots 0,3$; при переробці пластичних матеріалів $k_p = 0,4 \dots 0,6$;

B' – довжина валків, м;

n – частота обертання валків, об/с;

e – ширина вихідної щілини, м.

Продуктивність бігунів визначають за емпіричними формулами або за дослідними даними. Це пояснюється тим, що їхня продуктивність залежить від багатьох чинників, у тому числі від властивостей матеріалів і технологічних вимог до продуктів подрібнення. Оцінити ці численні чинники в явному вигляді практично неможливо.

Частота обертання ексцентрикового вала щоккових та конусних дробарок великого дроблення визначається з умови рівності часу t_1 необхідного на падіння матеріалу під дією сили тяжіння з висоти h , часу $t_2 = 1/n$ відходу шоки (конуса) назад.

Оскільки за час відходу шоки відбувається вільне падіння матеріалу з висоти h , то $h = gt^2/2$ і $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Тоді, відповідно до вищеназваної умови, можна записати

$$\frac{1}{n} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Враховуючи, що для щоккових дробарок $h = \frac{S_H}{\operatorname{tg} \alpha}$, а для конусних

$h = \frac{2r_H}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}$ (рис. 2.10, б), знаходять оптимальну частоту обертання вала

щоккових дробарок

$$n = 0,5 \sqrt{\frac{g \operatorname{tg} \alpha}{2S_H}}, \quad (2.10)$$

та конусних дробарок

$$n = 0,25 \sqrt{g (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2) r_H}, \quad (2.11)$$

Для великогабаритних дробарок значення частот обертання валів потрібно зменшити в 0,6...0,75 раза. Це пов'язано з тим, що у початковому матеріалі є значна частка шматків розміром, меншим за ширину вихідної щілини, і доцільно

збільшити час відходу щокви, щоб дрібні частинки встигли випасти з верхніх зон камери дроблення.

Для дробарок КСП та КДП частоту обертання ексцентрика визначають за умовою обов'язкової дії дробильних конусів на кожний подрібнюваний шматок під час його перебування в паралельній зоні. Припустивши, що рух шматка матеріалу масою m вниз по дробильному конусу відбувається під дією постійної сили ma , яка чисельно дорівнює різниці між складовою сили тяжіння $G \sin \beta$ та силою тертя $fG \cos \beta$, можна записати

$$ma = mg \sin \beta - f mg \cos \beta,$$

де a – прискорення шматка, м/с²;

f – коефіцієнт тертя подрібнюваного матеріалу по дробильному конусу.

Як було зазначено вище, умова нормальної роботи конусної дробарки середнього дроблення полягає в тому, що за час одного оберту конуса $t_1 = 1/n$ шматок матеріалу повинен пройти відстань c зони паралельності. Шлях який тіло проходить при рівноприскореному русі

$$c = 0,5 at_2^2,$$

звідки час, необхідний для проходження зони паралельності,

$$t_2 = \sqrt{2c/a}.$$

З умови рівності $t_1 = t_2$, а також з урахуванням того, що $a = g(\sin \beta - f \cos \beta)$, одержують формулу для розрахунку частоти обертання конуса дробарки

$$n = \sqrt{\frac{g(\sin \beta - f \cos \beta)}{2c}}, \quad (2.12)$$

Величина c для конусних дробарок середнього дроблення складає в середньому одну десяту діаметра нижньої основи рухомого конуса $c = 0,1D_n$. З урахуванням цього формула набуде вигляду

$$n = 7 \sqrt{\frac{(\sin \beta - f \cos \beta)}{D_H}}$$

Частота обертання валків валкових дробарок не повинна перевищувати деяке значення, при якому створюються нестійкі умови захоплення матеріалу та виникають небажані коливання навантажень. Отже, частота обертання валків обмежена умовою відкидання матеріалу під дією відцентрових сил. Левенсон Л.Б. для розрахунку частоти обертання валків запропонував наступну формулу:

$$n \leq 102 \sqrt{f / \rho d D}, \quad (2.13)$$

де f – коефіцієнт тертя між валками та матеріалом;

ρ – щільність матеріалу, кг/м³.

Частота обертання піддону бігунів розраховується з умови, що відцентрові сили, діючі на шматок подрібнюваного матеріалу, не відкидають його до борту. Отже, працездатність бігунів визначається з умови, що сили тертя перевищують відцентрові сили, тобто

$$fmg \geq m(2\pi n)^2 R,$$

звідки

$$n \leq 0,5 \sqrt{f / R} \text{ об/с}, \quad (2.14)$$

де R – зовнішній радіус чаші, м.

Викладені вище основи процесів подрібнення показують, що встановити аналітичні залежності між витратою енергії, властивостями матеріалів та результатами подрібнення можна тільки в загальному вигляді. При цьому потрібно також урахувувати, що в машинах деформується не монолітне тіло, а конгломерат шматків, структура яких змінюється залежно від умов живлення, результатів дроблення великих шматків та випадкового характеру їх взаємодії. Певна трудність виникає при оцінці об'єму матеріалу, що піддається деформації.

Дослідженнями енерговитрат на подрібнення в дробарках займалися багато вчених, у тому числі В.О. Олевський, В.О. Бауман, Б.В. Клушанцев та ін.

Бауман В.О. встановив, що для руйнування міцних матеріалів ($\sigma_{сж} \approx 300$ МПа) у щоккових дробарках тиск, діючий на робочу поверхню щоки, повинен досягати $q = 2,7$ МПа. Навантаження на щоку змінюється в часі від нуля до максимального значення P_{\max} . У зв'язку з цим роботу за цикл руху щоки потрібно визначати за середнім значенням навантаження:

$$P_{cp} = (0,25 \dots 0,3) P_{\max}.$$

Робота, виконувана за один цикл

$$A = 0,3qLHS_p, \quad (2.15)$$

де H – висота камери дроблення, м;

S_p – переміщення щоки в місці прикладення сили P , м.

Олевський В.О. при розрахунку енерговитрат на подрібнення матеріалу в щокковій дробарці брав $S_p \approx S_H$ і вищенаведені значення q . З урахуванням цього він запропонував для розрахунку потужності привода щоккової дробарки з простим рухом щоки формулу

$$N = 420 H L S_H n, \quad (2.16)$$

а для дробарок зі складним рухом щоки

$$N = 720 L H r n, \quad (2.17)$$

де H , L та S_H – у м;

n – у об/с;

r – ексцентриситет вала, м.

Учені НІИСтройдормаш запропонували для розрахунку потужності формулу, що враховує питомі енерговитрати E_0 (кВт-год/т), ступінь подрібнення i та зміну міцнісних характеристик матеріалу:

$$N_D = \frac{0,1 E_0 k_M (\sqrt{i} - 1) \Pi \rho}{\sqrt{D_{CB}}}, \quad (2.18)$$

де P – продуктивність дробарки, $\text{м}^3/\text{с}$;

k_m – масштабний чинник, що враховує зміну міцнісних характеристик матеріалу залежно від розміру шматків;

ρ – у $\text{кг}/\text{м}^3$;

$D_{св}$ – у м.

Питомі енерговитрати для різних матеріалів змінюються в межах $E_0 = 4 \dots 8$ кВт-год/т. У процесі подрібнення двигун шокових дробарок зазнає нерівномірних навантажень. У період робочого ходу шоки виникають максимальні навантаження та кутова швидкість вала змінюється від ω_{\max} на початку до ω_{\min} у кінці робочого ходу. У період холостого ходу двигун практично не навантажений. Для вирівнювання навантаження на двигун на валу дробарки встановлюють маховики. Вони запасують енергію при холостому ході та віддають її при робочому ході. Енергія, накопичувана маховиком,

$$A_M = J \frac{(\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2)}{2},$$

де J - момент інерції маховика.

Після перетворень одержують

$$A_M = J \omega_{\text{ср}}^2 \delta,$$

де $\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ср}}}$ – ступінь нерівномірності ходу дробарки, яку беруть

рівною 0,02.. 0,035;

$\omega_{\text{ср}}$ – середня кутова швидкість вала.

Необхідний момент інерції маховика

$$J = \frac{A_M}{\omega_{\text{ср}}^2 \delta}.$$

Енергію, накопичувану маховиком, рекомендується брати рівною половині роботи, затрачуваної на подрібнення,

$$A_M = \frac{2\pi N_D \eta}{2\omega} = \frac{\pi N_D \eta}{\omega},$$

де η – ккд привода;

ω – кутова швидкість вала дробарки.

Олевський В.О. на основі вищерозглянутого методу визначення роботи на процес подрібнення запропонував для розрахунку потужності привода конусних дробарок наступні формули:

– для дробарок великого подрібнення

$$N = \frac{60}{k D_H^2 r n}, \quad (2.19)$$

– для дробарок середнього та дрібного подрібнення

$$N = 12,6 D_H^2 n, \quad (2.20)$$

де k – коефіцієнт, що враховує міцність подрібнюваного матеріалу (для міцних матеріалів $k = 24$);

D_H – у м;

r – розмах гойдання конуса в площині нижньої основи, м;

n – частота обкаток конуса, 1/с.

Потужність привода валкових дробарок розраховують за наступною методикою [4]. При повороті валів на кут $d\varphi$ (рис. 2.10, з) виконується робота

$$dA = Q dx, \quad \text{Дж},$$

де Q – розпірне зусилля, діюче на валки, Н;

dx – переміщення точки прикладання сили Q у напрямі осі x , яке дорівнює абсолютній деформації матеріалу в даному перерізі: $dx = \varepsilon \cdot s$ (тут ε – відносна деформація $\varepsilon = ds/s$);

s – відстань між валками в даному перерізі. Сила, діюча з боку валка на даний елемент матеріалу.

$$Q = P_{cp} B dy,$$

де P_{cp} – середній тиск валків на матеріал Па;

$B \cdot dy$ – площа контакту валків з матеріалом (в проекції на вертикальну площину), m^2 .

Елементарна робота, виконувана за час dt , який відповідає повороту валків на кут $d\varphi$,

$$dA = P_{cp} B s \frac{dy}{dt} \frac{ds}{s} dt .$$

Звідки отримаємо формулу для розрахунку потужності, необхідної для деформації матеріалу на всьому куті захоплення

$$N = P_{cp} \Pi \int_e^b \frac{ds}{s} = P_{cp} \Pi \ln \left(\frac{b}{e} \right). \quad (2.21)$$

При цьому мають на увазі, що $dy/dt = v_y$ – це швидкість просування матеріалу в напрямку осі y , а добуток $B s v_y$ – продуктивність Π .

Підставимо до формули значення продуктивності валків, отримаємо

$$N = P_{cp} k_p \pi D n B e \ln \left(\frac{B}{e} \right). \quad (2.22)$$

Розділ 4. Розрахунково-пояснювальний розділ

4.1. Розрахунок основних геометричних параметрів

Визначення кута захоплення. Зі схеми (рис. 4) видно, що кутом захоплення валкових дробарок з гладкими валками є кут між площинами, дотичними до поверхні валків в точках дотику з ними найбільшими перепонами округлого шматка матеріалу, зтягує в простір між валками силами тертя F при розчавлючих силах P . На схемі показані сили, що діють на шматок матеріалу з боку лівого валка. Такі ж сили діють і з боку правого валка, завдяки чому в горизонтальній проекції сили взаємно врівноважуються. Кут захоплення валкових дробарок визначають так само, як і кут захоплення у щоккових дробарок. Він дорівнює подвійному кутку тертя і становить $15 \dots 25^\circ$.

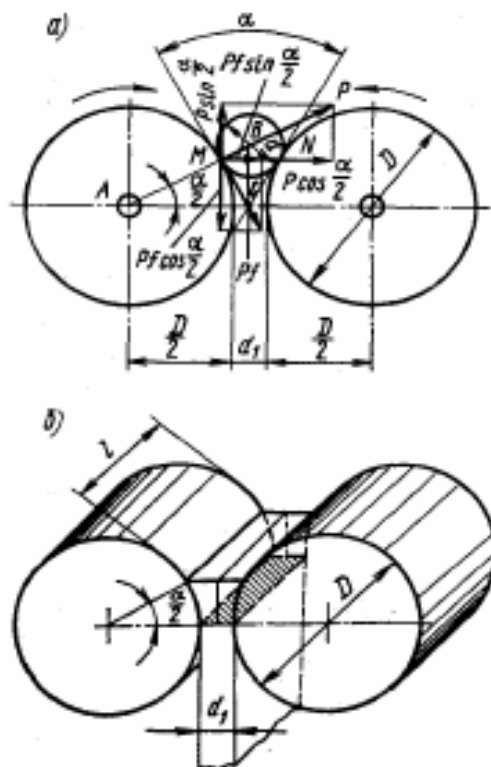


Рис. 4.1. Схема до розрахунку кута захоплення

Для здійснення процесу дроблення необхідно забезпечити захоплення вихідного матеріалу робочими органами установками.

Кутом захоплення α називають кут, утворений дотичними, проведеними через точки дотику шматка матеріалу з поверхнею валків. У момент захоплення шматків матеріалу діаметром в точках дотику його з валками виникають сили нормального тиску P , що діє на матеріал під кутом $\frac{\alpha}{2}$.

Сила P розкладається на складові сили $P \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ і виштовхуючих $P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$. З іншого боку під прямим кутом до сили P діє сила тертя $F = Pf$, яка розкладається на силу $Pf \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ і що втягує матеріал $Pf \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$. Очевидно, для нормальної роботи валкової дробарки необхідно, щоб було дотримано умову

$$2P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \leq 2Pf \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.1.1)$$

Розділивши обидві частини нерівності на $2P \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, отримуємо

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq f, \quad (4.1.2)$$

де $f = \operatorname{tg}(\varphi)$ (φ - кут тертя), тоді $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \leq \operatorname{tg}(\varphi)$ або $\frac{\alpha}{2} \leq \operatorname{tg}(\varphi)$: $\alpha \leq 2\varphi$.

Отже, для нормальної роботи валків необхідно, щоб кут захоплення був менше подвійного кута тертя. На практиці в більшості випадків приймають $\alpha = 32-48^\circ$, що відповідає коефіцієнту тертя $f = 0,3-0,45$.

Визначення співвідношення між діаметром валків і розмірів шматків матеріалу, що надходять в дробарку.

З рис.4 видно, що

$$\frac{D}{2} + \frac{d'}{2} = \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (4.1.3)$$

або

$$D + d' = (D + d) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (4.1.4)$$

Розділивши рівняння на d , отримуємо:

$$\frac{D}{d} + \frac{d'}{d} = \left(\frac{D}{d} + 1\right) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (4.1.5)$$

Беручи за даними практики $d' / d = 1/4$ (тобто ступінь подрібнення $d / d' = 4$), з рівняння отримуємо:

$$\frac{D}{d} (1 - \cos \frac{\alpha}{2}) = \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{4} \quad (4.1.6)$$

Звідки

$$d = \frac{D(1 - \cos \frac{\alpha}{2})}{\cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{4}}, \text{ м} \quad (4.1.7)$$

Величина коефіцієнта тертя f шматків твердих порід (вапняку, пісковика, граніту і т.д.) об поверхню сталевого валка в середньому дорівнює 0,3, а для полімерних пляшок - 0,45. Для зазначених значень f граничний кут $\beta = \frac{\alpha}{2}$ становить відповідно 15° і 25° .

Таким чином, відношення D / d :

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos 25^\circ - 0,25}{1 - \cos 25^\circ} \approx 8,85. \quad (4.1.8)$$

Тоді діаметра валка дорівнює

$$\begin{aligned} D &= 8 \cdot d, \text{ м} \\ D &= 8 \cdot 0,14 = 1,12 \text{ м}. \end{aligned} \quad (4.1.9)$$

Для забезпечення надійного захоплення матеріалу валками дробарки отримані значення збільшують від 20 до 25%. Зазвичай для гладких дробарок від-носіння D / d приймають рівним 20, для зубчастих і рифлених валків - $2 \div 6$, так як в останньому випадку шматок матеріалу затягується при безпосереднім-ного захопленні його поверхні робочогооргану.

Тобто діаметр валка достатньо дорівнює

$$D = (1,0 \dots 1,2) \cdot 1,12 = 1,28 \text{ м} \quad (4.1.10)$$

Частота обертання валків з урахуванням дії на матеріал, що знаходиться на обертовому циліндрі, відцентрової сили, визначається за формулою проф. Л.Б.Левенсона, об / с:

$$\begin{aligned} n_{\max} &\leq 102,5 \sqrt{\frac{f}{\rho d D}}, \text{ об / с} \\ n_{\max} &= 102,5 \sqrt{\frac{0,4}{960 \cdot 0,14 \cdot 1,28}} = 3,06 \text{ об / с.} \end{aligned} \quad (4.1.11)$$

де ρ - густина подрібнюваного матеріалу, $\rho = 960 \text{ кг / м}^3$.

Практично з метою зменшення зносу поверхні валків частоту їх обертання приймають рівною

$$\begin{aligned} n_{cp} &= (0,4 \div 0,7) n_{\max}, \text{ об / с} \\ n_{cp} &= 0,7 \cdot 3,06 = 2,1 \text{ об / с.} \end{aligned} \quad (4.1.12)$$

4.2. Розрахунок основних силових параметрів

Зусилля в деталях валкової дробарки визначається навантаженням, яке створюється пружинами запобіжного пристрою. Це навантаження залежить від багатьох факторів і може бути обчислене лише наближено.

Сила нормального тиску, що діє на матеріал (зусилля роздавлювання), Н:

$$P_{cp} = \sigma_{сж} F K_p, \quad (4.2.1)$$

де $\sigma_{сж}$ - межа міцності матеріалу при стисненні, Мпа, $\sigma_{сж} = 120 \text{ МПа}$;

F - площа подрібнення, м^2 ;

K_p - коефіцієнт розпушення матеріалу, $K_p = 0,6$.

Вважаючи, що

$$F = Bl = BR\beta, \text{ м}^2 \quad (4.2.2)$$

де l - довжина дуги на ділянці подрібнення матеріалу, м;

$$R = \frac{D}{2} - \text{радіус валка, м;}$$

$$\beta - \text{кут дуги, рад, } \beta = \frac{\alpha}{2}.$$

Формула приймає наступний вигляд при ($\beta = 25^\circ$)

$$\begin{aligned} P_{cp} &\approx 0.1\sigma_{сж}BD, \text{ Н} \\ P_{cp} &= 0,1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,884 \cdot 1,28 = 11315,2 \text{ Н} = 11,32 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (4.2.3)$$

Вважаючи, що точка прикладання середнього нормального тиску знаходиться на половині дуги, знаходимо її значення

$$\begin{aligned} P_{cp\Gamma} &= P_{cp} \frac{\beta}{2}, \text{ кН} \\ P_{cp\Gamma} &= 11,32 \cdot \frac{2\pi}{2 \cdot 15} = 2,37 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (4.2.4)$$

4.3. Розрахунок продуктивності валкової дробарки

Продуктивність валкових дробарок по масі, кг / год

$$Q_m = Bd'v\rho K_p \quad (4.3.1)$$

де B - ширина валків, м, $B = 0,884\text{ м}$;

d' - максимальний діаметр вихідної щілини, м, $d' = 0,07\text{ м}$.

При подрібненні зростає опір роздавлюванню: валки, стискаючи пружини, розсуваються на величину 1,25.

Тоді, якщо $v = \pi Dn_{cp}$, то

$$\begin{aligned} Q_m &= 1,25 \cdot \pi \cdot B \cdot d' \cdot D \cdot n \cdot \rho \cdot K_p, \text{ кг / год} \\ Q_m &= 1,25 \cdot 3,14 \cdot 0,884 \cdot 0,07 \cdot 1,28 \cdot 2,1 \cdot 2500 \cdot 0,6 = 979,3 \text{ кг / год}. \end{aligned} \quad (4.3.2)$$

4.4. Розрахунок потужності двигуна приводу валкової дробарки

Потужність електродвигуна валкової дробарки, кВт, дорівнює

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \quad (4.4.1)$$

где N_1 - потужність, що витрачається на дроблення матеріалу, кВт;

N_2 - потужність, що витрачається на подолання тертя матеріалу об валок, кВт;

N_3 - потужність, що витрачається на подолання тертя в цапфах валків, кВт;

η - к.к.д. привода.

Потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу:

$$N_1 = P_{\text{срГ}} \cdot S \cdot n_{\text{ср}}, \text{ кВт} \quad (4.4.2)$$

де $P_{\text{срГ}}$ - середнє значення сили нормального тиску, кН;

S - сумарний шлях, який проходить точка прикладання сили натискання обох валків на матеріал, м

$$S = 2 \cdot R \cdot \left(1 - \cos \frac{\beta}{2}\right), \text{ м} \quad (4.4.3)$$

$$S = 2 \cdot 0,64 \left(1 - \cos \frac{25^\circ}{2}\right) = 0,69 \text{ м.}$$

Тоді

$$N_1 = 2,37 \cdot 0,69 \cdot 2,1 = 3,43 \text{ кВт} \quad (4.4.4)$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя матеріалу об валок

$$N_2 = f \cdot N_1, \text{ кВт} \quad (4.4.5)$$

де f - коефіцієнт тертя матеріалу об поверхню валків, $f = 0.4$.

$$N_2 = 0.4 \cdot 3,43 = 1,37 \text{ кВт.} \quad (4.4.6)$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в цапфах валків

$$N_3 = \pi \cdot d_y \cdot 2 \cdot G_p \cdot f_{\text{нр}} \cdot n_{\text{ср}}, \text{ кВт} \quad (4.4.7)$$

де d_y - діаметр цапфи валів, м, $d_y = 0,15 \text{ м}$;

G_p - результуюча сила від сили нормального тиску $P_{\text{срГ}}$ (вважається, що вона спрямована горизонтально) і сили тяжіння валка G_e , приймається рівною:

$$G_p = 1,25 \cdot P_{срГ}, \text{ кН} \quad (4.4.8)$$

$$G_p = 1,25 \cdot 2,37 = 2,96 \text{ кН}.$$

f_{np} - приведений до валу коефіцієнт тертя кочення, $f_{np} = 0,001$.

Тоді потужність, що витрачається дорівнює

$$N_3 = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 2,96 \cdot 0,001 \cdot 2,1 \cdot 60 = 0,35 \text{ кВт} \quad (4.4.9)$$

Потужність двигуна дорівнює:

$$N_{ое} = \frac{3,43 + 1,37 + 0,35}{0,8} = 6,4 \text{ кВт} \quad (4.4.10)$$

За розрахунковою потужністю вибираємо електродвигун. Електродвигун вибираємо однофазний асинхронний марки АМУ160МА8 У2

потужність ----- 6,5кВт;

частота в мережі ----- 50 Гц;

частота обертання ----- 3000 об / хв.

Крутний момент електродвигуна дорівнює

$$T = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{6,5}{3000} = 20,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.4.11)$$

Тепер виконуємо кінематичний розрахунок механізму приводу, рис. 4.2.

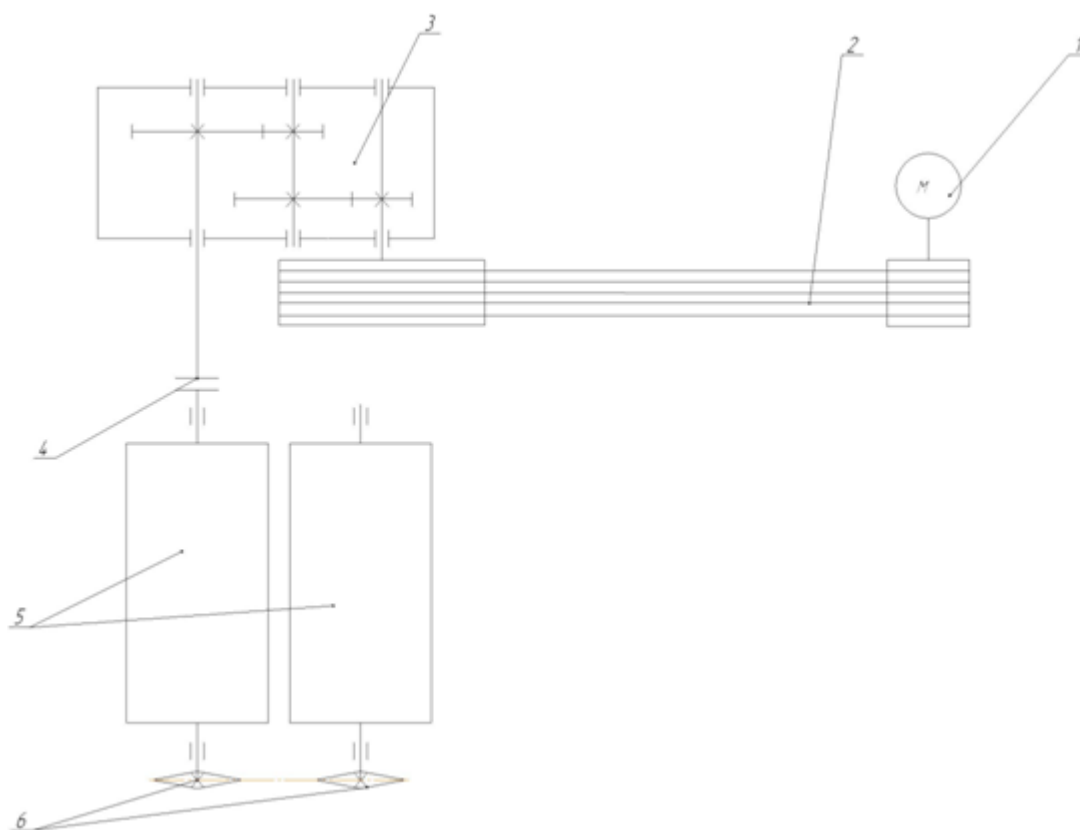


Рис. 4.2. Кінематична схема приводу валкової дробарки:
 1- електродвигун; 2 - клинопасова передача; 3 - редуктор; 4 - муфта;
 5 - валки; 6 - ланцюгова передача.

4.5. Кінематичний розрахунок механізму приводу

Передаточне число механізму дорівнює:

$$u = \frac{n_{\text{об}}}{n} = \frac{3000}{2.1 \cdot 60} = 23.8 \quad (4.5.1)$$

Розбиваємо передавальне число на ступені

- Клинопасова передача - 1.5;
- Редуктор циліндричний двоступінчастий Ц2-300- 16.

Зробимо розрахунок клинопасової передачі.

Вихідні дані для розрахунку клинопасової передачі:

частотаобертання ведучого шківана $n_1 = n_{\text{об}} = 3000 \text{ хв}^{-1}$,

потужність ведучого шківана $P_1 = P_{\text{об}} = 6,5 \text{ кВт}$,

крутний момент ведучого шківана $T_1 = T_{\text{об}} = 20,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$,

передавальне число передачі $u_{\text{кл.рем}} = 1,5$,

нахил передачі до горизонту $\alpha = 0$,

режим роботи передачі – важкий.

Розрахунковий передавальний момент

$$T_{1p} = T_1 C_p, \quad (4.5.2)$$

де $C_p = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження передачі і режим її роботи.

Отримаємо

$$T_{1p} = 20,7 \cdot 0,8 = 16,6 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4.5.3)$$

Виходячи з розрахункового моменту вибираємо перетин ремня. А у відповідності з обраним перерізом приймаємо мінімальний діаметр ведучого шківана $d_1 = 440 \text{ мм}$; робоча ширина ремня $B_p = 11 \text{ мм}$; повна ширина ремня $B = 13 \text{ мм}$; робоча висота ремня $H_p = 8 \text{ мм}$; робоча висота від середньої лінії $H = 2,8 \text{ мм}$.

Розрахунковий діаметр веденого шківана

$$d'_2 = d_1 \cdot u_{\text{кл.рем}} = 440 \cdot 1,5 = 660 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр веденого шківана $d_2 = 640 \text{ мм}$.

$$\text{Дійсне передаточне число спроектованої передачі } u_o = d_2 / [d_1 (1 - \varepsilon)] \quad (4.5.4)$$

де $\varepsilon = 0,015$ – коефіцієнт пружнього ковзання

Отримаємо

$$u_d = 640 / [440 \cdot (1 - 0,015)] = 1,48. \quad (4.5.5)$$

Мінімальна міжосьова відстань

$$a'_{min} = 0,55(d_1 + d_2) + H_p = 0,55 \cdot (440 + 640) + 8 = 602 \text{ мм}. \quad (4.5.6)$$

Розрахункова довжина ременя

$$\begin{aligned} L'_p &= 2a'_{min} + 0,5\pi(d_1 + d_2) + 0,25(d_2 - d_1)^2 / a'_{min} = \\ &= 2 \cdot 602 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (440 + 640) + 0,25 \cdot (640 - 440)^2 / 602 = 2916,2 \text{ мм}. \quad (4.5.7) \end{aligned}$$

Приймаємо довжину ременя 3000 мм. Однак з конструктивних міркувань, щоб більш раціонально розмістити двигун і редуктор на рамі, приймаємо довжину ременя $L_p = 5450$ мм.

Дійсна міжосьова відстань

$$a = a'_{min} + 0,5(L_p - L'_p) = 602 + 0,5 \cdot (5450 - 2916,2) = 1870 \text{ мм}. \quad (4.5.8)$$

Коефіцієнт, що враховує довжину ременя визначаємо по $C_L = 0,89$.

Кут обхвату ременем меншого шківів

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ(d_2 - d_1) / a = 180 - 57(640 - 440) / 1870 = 173,9^\circ. \quad (4.5.9)$$

Коефіцієнт кутаобхвату приймаємо $C_\alpha = 0,95$.

Швидкість ременя

$$v = \pi d_1 n_1 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 440 \cdot 3000 / (60 \cdot 10^3) = 69,1 \text{ м/с}. \quad (4.5.10)$$

Заобраному перерізу ременя і розрахованої швидкості визначаємо номінальну потужність, передану одним ременем $P_0 = 1,58$ кВт.

Попередньо приймаємо коефіцієнт, що враховує число ременів в передачі $C_k = 1$.

Число ременів передачі

$$z = P_1 C_p / (P_0 C_L C_\alpha C_k) = 6,5 \cdot 1 / (1,58 \cdot 0,89 \cdot 0,95 \cdot 1) = 4,87. \quad (4.5.11)$$

Приймаємо $z = 5$ (округляємо розраховане значення до найближчого більшого цілого), потім уточнюємо коефіцієнт числа ременів $C_k = 0,8$.

Перераховуємо:

$$z = P_1 C_p / (P_0 C_L C_\alpha C_k) = 6,5 \cdot 1 / (1,58 \cdot 0,89 \cdot 0,95 \cdot 0,8) = 6,0008. \quad (4.5.12)$$

Приймаємо $z = 6$.

Зовнішнє зусилля на ведучому шківі

$$F_f = 2 \cdot 10^3 T_1 / d_1 = 2 \cdot 1000 \cdot 20,7 / 440 = 94,1 \text{ Н}. \quad (4.5.13)$$

Попереднє натяг ременя

$$F_0 = 0,5 \cdot F_f / \varphi = 0,5 \cdot 94,1 / 0,5 = 94,1 \text{ Н}, \quad (4.5.14)$$

де $\varphi = 0,5$ – коефіцієнт тяги.

Сила, що навантажує вал редуктора

$$F_{\text{кл.рем}} = 2F_0 \cdot \sin(\alpha_1/2) = 2 \cdot 94,1 \cdot \sin(173,9/2) = 74,96 \text{ Н}. \quad (4.5.15)$$

4.6. Розрахунок вала дробарки

Розрахункова схема вала приведена на рис. 4.3.

Розподілене навантаження

$$q = \frac{P_{\text{сп}}}{l} = \frac{11320}{1,77} = 6395,5 \text{ Н / м} \quad (4.6.1)$$

де $l = 1,77 \text{ м}$ – відстань між опорами.

Крутний момент на валу дорівнює

$$T_2 = \frac{N}{2\pi n} = \frac{6500}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,1} = 492,9 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.6.2)$$

Будуємо епюри згинального і крутного моменту мал.6.

Знаходимо сумарний момент в небезпечному перерізі

$$\begin{aligned} \sum M &= \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + T^2}, \text{ Н} \cdot \text{м} \\ \sum M &= \sqrt{2730^2_{\text{изг}} + 492,9^2} = 2774,1 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (4.6.3)$$

Тоді діаметр вала дорівнює

$$d = \sqrt{\frac{\sum M}{0,1[\tau]}}, \text{ м} \quad (4.6.4)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження кручення, МПа.

$$d = \sqrt[3]{\frac{2730}{0,2 \cdot 650 \cdot 10^6}} = 0,028 \text{ мм} \quad (4.6.5)$$

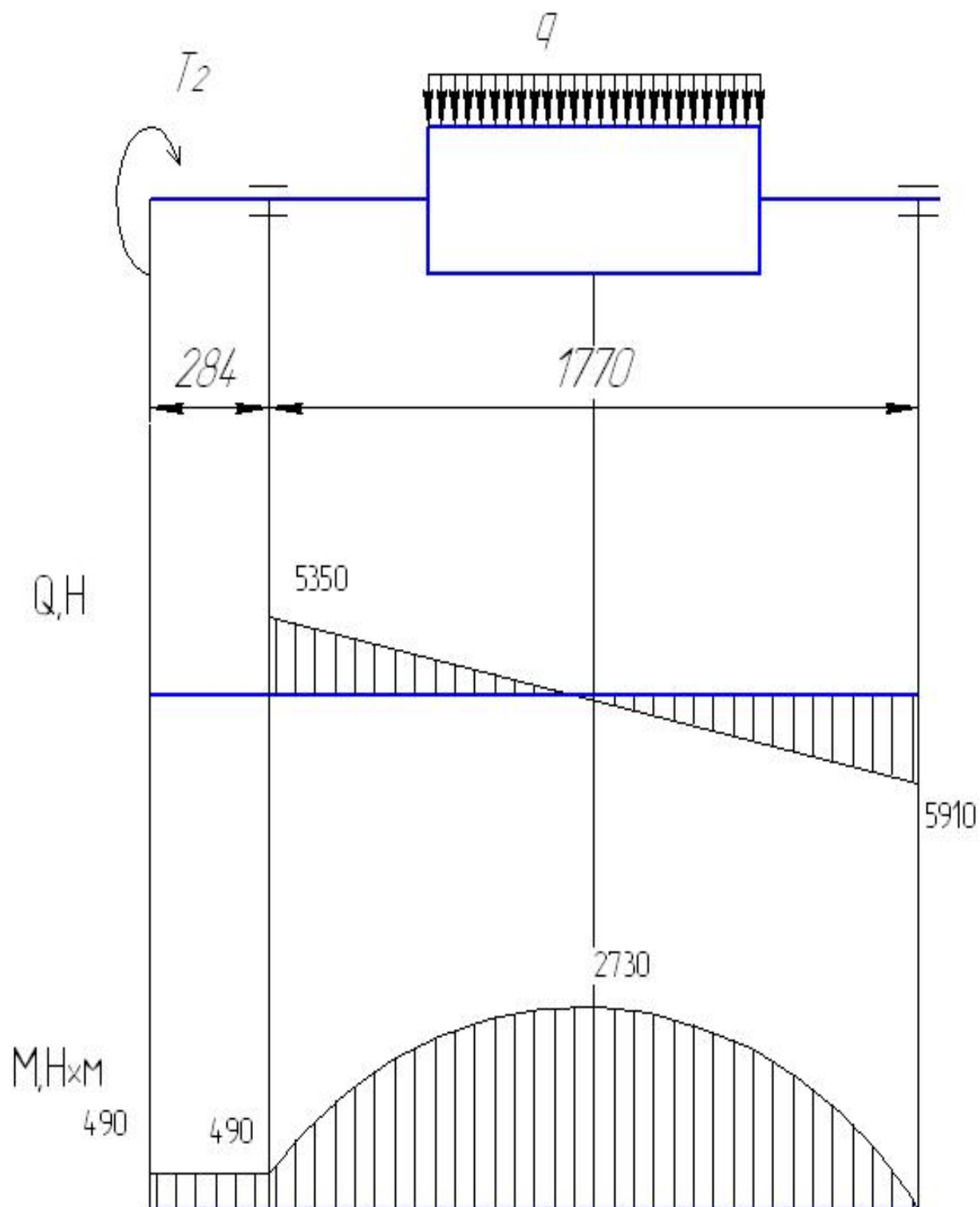


Рис. 4.3. Схема навантаження вала і епюри моментів.

4.7. Підбір підшипників

Попередньо призначимо для підшипникових опор роликів радіально-сферичний дворядний підшипник легкої серії - 3003226 ГОСТ 5721. Фактично на даний підшипник діє осьова складова, що дорівнює 4807 М. Частота обертання 264 об / хв, термін служби $L_h = 10000$ год, режим навантаження - важкий, допускається дворазове перевантаження, температура не вище 100°C , динамічна вантажопідйомність $C = 190$ кН, статична $C_0 = 650$ кН.

За формулою визначимо еквівалентне навантаження:

$$P_0 = (X_0 F_r + Y_0 F_a) K_B K_T, \quad (4.7.1)$$

де X_0 і Y_0 - коефіцієнти радіальної і осевої навантажень;

F_r, F_a - радіальна і осева навантаження, Н;

K_B - коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження;

K_T - температурний коефіцієнт.

Радіальне навантаження F_a ,
рівне реакції опори буде діяти на сферичний дворядний підшипник легкої серії 1530 ГОСТ 5721 і дорівнює нулю.

Таким чином:

$$P_0 = X_0 F_r K_B K_T = 1 \cdot 11320 \cdot 1,4 \cdot 1 = 15848 \text{ Н.} \quad (4.7.2)$$

Визначимо еквівалентну довічнусть за формулою

$$L_h = K_h \cdot L_{hs}, \quad (4.7.3)$$

де K_h - коефіцієнт режиму навантаження;

L_{hs} - сумарний час роботи підшипника, год

$$L_h \leq 0,5 \cdot 10000 = 5000 \text{ ч.} \quad (4.7.3)$$

За формулою визначимо мінімальну кількість обертів еквівалентну:

$$L_{\min} = 60,1 \cdot 10^6 \cdot 3,35 = 201 \text{ млн. об.} \quad (4.7.4)$$

За формулою визначають динамічну вантажопідйомність:

$$C = P_0 / L_{\min} = 15848 / 201 = 78,85 \text{ Н,} \quad (4.7.5)$$

що менше паспортного.

4.8. Розрахунок відвідного конвеєра

Дані для розрахунку:

Продуктивність $Q_B = 1$ т/год

Довжина конвеєра $L = 3$ м

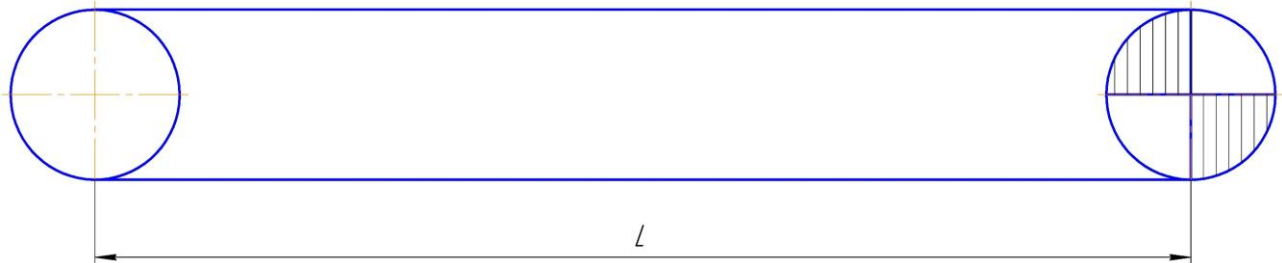


Рис.4.4. Кінематична схема стрічкового конвеєра

Характеристика вантажу

Насипна щільність вантажу $\rho_B = 0,6$ т/м³

Кут природнього укосу $\varphi_0 = 15^\circ = 0,261$ рад

Розрахунок

4.8.1. Вибір швидкості транспортування вантажу

З табл. 29 ([1], ст. 116) для абразивних дрібно- і середньокускових вантажів вибираємо швидкість стрічки $v=0,6$ м/с.

4.8.2. Вибір роликів опор

Вважаємо, що в даному конвейєрі використовується роликові опори.

4.8.3. Визначення ширини стрічки конвейєра

Ширина стрічки визначається по залежності, м:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_p}{C \cdot v \cdot \rho_B \cdot k_B}} + 0,05 \right), \quad (4.8.1)$$

де Q_p - розрахункова продуктивність конвейєра, т/год:

$$Q_p = \frac{K_H}{K_r} \cdot Q = \frac{1,25}{0,95} \cdot 1 = 1,3 \text{ т/год}, \quad (4.8.2)$$

Тут Q - технічна продуктивність; K_H - коефіцієнт нерівномірності завантаження та розвантаження конвейєра, $K_H=1,25$; K_r - коефіцієнт нерівномірності використання конвейєра в часі, $K_r=0,95$.

C - коефіцієнт, який залежить від типу роликів опор. Для його вибору визначаємо розрахунковий кут природного укосу вантажу:

$$\phi = 0,35 \cdot \phi_0 = 0,35 \cdot 0,261 = 0,0913 \text{ рад}; \quad (4.8.3)$$

З табл. 28 ([1], ст. 116) визначаємо коефіцієнт $C=470$.

k_β - коефіцієнт, який враховує кут нахилу похилої частини конвейера. Згідно з ([1], ст 115) $k_\beta=0,97$.

Отже, ширина стрічки:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_p}{C \cdot v \cdot \rho_\beta \cdot k_\beta}} + 0,05 \right) = 1,1 \left(\sqrt{\frac{1,3}{470 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,97}} + 0,05 \right) = 0,43 \text{ м}; \quad (4.8.4)$$

Отримане значення за ГОСТ 20-62 округлюємо до найближчого більшого за табл. 17 ([1], ст. 90) $B=0,5 \text{ м}=500 \text{ мм}$.

Резерв продуктивності:

$$Q_p = C(0,9B - 0,05)^2 \cdot v \cdot \rho_\beta = 470 \cdot (0,9 \cdot 0,5 - 0,05)^2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 1,56 \text{ т/год}. \quad (4.8.5)$$

Дане значення на 20% більше розрахункової продуктивності. Узявши до уваги, що розрахунковою продуктивністю Q_p враховані нерівномірності завантаження і використання конвейера в часі, не треба мати додаткового резерву продуктивності. Зробимо перерахунок швидкості стрічки:

$$v = \frac{Q_p}{C \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \cdot \rho_\beta} = \frac{1,56}{470 \cdot (0,9 \cdot 0,5 - 0,05)^2 \cdot 0,6} = 0,503 \text{ м/с}; \quad (4.8.6)$$

Швидкість стрічки відповідає найближчій $v=1,0 \text{ м/с}$ за ГОСТ 10624-63, який допускає відхилення 10%, тобто для швидкості 0,503 м/с допустиме відхилення до 0,6 м/с. Отже, приймаємо швидкість 0,6 м/с.

4.8.4. Визначення погонних навантажень

Від вантажу:

$$q_v = \frac{Q_p}{3,6 \cdot v} = \frac{1,3}{3,6 \cdot 0,6} = 0,601 \text{ кг/м}. \quad (4.8.7)$$

За каталогом вибираємо тип конвейерної стрічки: стрічка транспортерна загального призначення БКНЛ-65 (НС-70), 500х4-БКНЛ-65-1/0.

Погонне навантаження від стрічки:

$$q_{\text{стр}} = 1,1 \cdot B(\delta_0 \cdot z + \delta_1 + \delta_2) = 1,1 \cdot 0,5 \cdot (4 \cdot 1) = 1,65 \text{ кг/м.} \quad (4.8.8)$$

Погонні навантаження від роликів опор:

на верхній ділянці стрічки

$$q_p^B = \frac{G_p^B}{t_p^B} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ кг/м;} \quad (4.8.9)$$

на нижній ділянці стрічки

$$q_p^H = \frac{G_p^H}{t_p^H} = \frac{8}{3} = 2,7 \text{ кг/м.} \quad (4.8.10)$$

де G_p^B , G_p^H - вага верхніх і нижніх роликів опор:

$$G_p^B = 10 \cdot B + 7 = 10 \cdot 0,5 + 7 = 12 \text{ кг;} \quad (4.8.11)$$

$$G_p^H = 10 \cdot B + 3 = 10 \cdot 0,5 + 3 = 8 \text{ кг.} \quad (4.8.12)$$

t_p^B , t_p^H – крок між верхніми та нижніми роликівими опорами. З табл. 25 ([1], ст. 103) визначаємо крок між роликівими опорами на завантаженій ділянці $t_p^B=1,5$ м. На неробочій ділянці:

$$t_p^H = 2 \cdot t_p^B = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ м.} \quad (4.8.13)$$

4.8.5. Тяговий розрахунок

Поділимо трасу конвеєра на окремі ділянки (рис. 4.5.), починаючи з точки збігання стрічки з приводного барабана – від точки 1 до точки 4. За таблицями 6 і 30 ([1], ст. 50, 118) для середніх умов роботи конвеєра беремо коефіцієнти опору: $\omega_0=0,022$ - на робочій вітці з прямими роликівими опорами; $\omega'_0=0,022$ - на неробочій вітці з прямими роликівими опорами; $\omega_p=1,025$ - коефіцієнт опору переміщенню стрічки по роликівим батареям; $K_B=1,045$ – коефіцієнт опору переміщенню стрічки при огинанні барабана.

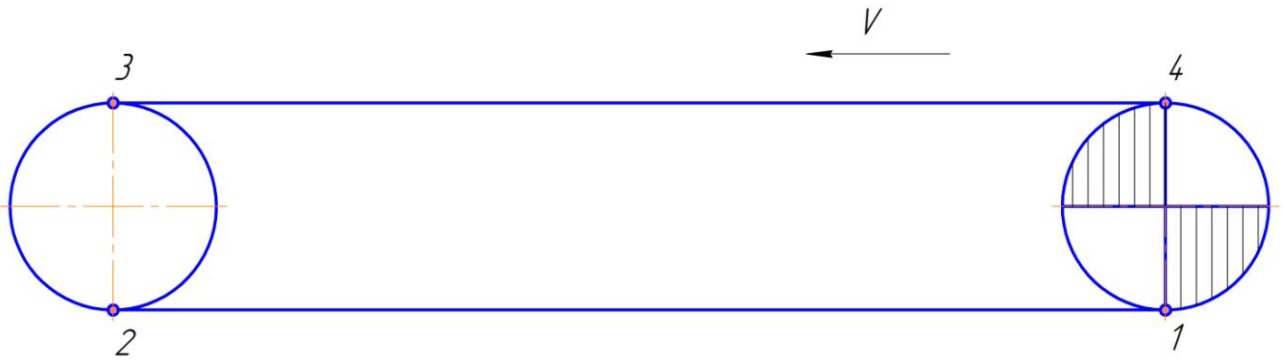


Рис. 4.5. Схема до тягового розрахунку стрічкового конвеєра

Натяг в кожній точці дорівнює сумі натягу в попередній точці та опору переміщенню на ділянці, розміщеній між цими точками: $S_{i+1} = S_i + W_{i-(i+1)}$. Розрахуємо натяги в характерних точках, Н:

$$S_1 = S_{3\sigma}; \quad (4.8.14)$$

$$S_2 = S_1 + (q_{\text{стр}} + q_p^H) g L \omega_0' = S_{3\sigma} + (1,65 + 2,7) \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 0,022 = S_{3\sigma} + 23,46; \quad (4.8.15)$$

$$S_3 = S_2 \cdot K_B = (S_{3\sigma} + 23,46) \cdot 1,045 = 1,045 \cdot S_{3\sigma} + 24,57; \quad (4.8.16)$$

$$S_4 = S_{\text{нб}} = S_3 + (q_{\text{ст}} + q_p^B + q_B) g L \omega_0 = 1,045 \cdot S_{3\sigma} + 24,57 + (1,65 + 8 + 0,601) \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 0,025 = \quad (4.8.17) \\ = 1,045 \cdot S_{3\sigma} + 59,7.$$

В результаті тягового розрахунку одержуємо рівняння виду:

$$S_{\text{нб}} = A S_{3\sigma} + B', \quad (4.8.18)$$

де A , B' – числові значення одержані в результаті тягового розрахунку. При цьому при відсутності ковзання стрічки і не враховуючи її жорсткості справедлива формула Ейлера:

$$\begin{cases} S_{nb} = A \cdot S_{zb} + B' \\ S_{nb} = S_{zb} \cdot e^{\alpha\mu} \end{cases} \quad (4.8.19)$$

де α – кут обхвату барабану стрічкою; μ – коефіцієнт тертя між стрічкою і барабаном.

Вирішивши дане рівняння отримаємо:

$$S_{3\sigma} e^{\mu\alpha} = AS_{3\sigma} + B';$$

$$S_{3\sigma} = \frac{B'}{e^{\mu\alpha} - A}; \quad (4.8.20)$$

$$S_{н\sigma} = e^{\mu\alpha} S_{3\sigma}.$$

За табл. 11 ([1], ст. 64) приймаємо чавунний барабан в умовах сухої атмосфери і куряви, для якого: кут обхвату $\alpha=3,14$ рад; коефіцієнт тертя $\mu=0,3$; величина $e^{\mu\alpha}=2,56$. Приймавши ці дані отримуємо:

$$S_{н\sigma} = e^{\mu\alpha} S_{3\sigma} = 2,56 S_{3\sigma}. \quad (4.8.21)$$

Підставивши рівняння тягового розрахунку для точки 4 отримаємо:

$$1,045 S_{3\sigma} + 59,7 = 2,56 S_{3\sigma}. \quad (4.8.22)$$

Звідки зусилля натягу в точці збігання:

$$S_{3\sigma} = \frac{59,7}{1,51} = 39,8 \text{ Н}. \quad (4.8.23)$$

Зусилля набігу стрічки на барабан:

$$S_{н\sigma} = e^{\mu\alpha} S_{3\sigma} = 2,56 S_{3\sigma} = 2,56 \cdot 39,8 = 101,8 \text{ Н}. \quad (4.8.24)$$

Проведемо підрахунки натягу стрічки в характерних точках при сталому русі і повністю навантаженому конвеєрі:

$$S_1 = S_{3\sigma} = 39,8 \text{ Н}; \quad (4.8.25)$$

$$S_2 = S_{3\sigma} + 23,46 = 39,8 + 23,46 = 63,26 \text{ Н}; \quad (4.8.26)$$

$$S_3 = 1,045 \cdot S_{3\sigma} + 24,57 = 1,045 \cdot 39,8 + 24,57 = 66,2 \text{ Н}; \quad (4.8.27)$$

$$S_4 = S_{н\sigma} = 1,045 \cdot S_{3\sigma} + 59,7 = 1,045 \cdot 39,8 + 59,7 = 101,8 \text{ Н}. \quad (4.8.28)$$

4.8.6. Визначення найменшого натягу стрічки

Згідно з результатами тягового розрахунку мінімальний натяг стрічки завантаженої ділянки буде в точці 1: $S_1 = 39,8 \text{ Н}$.

Визначимо найменший потрібний натяг завантаженої ділянки під дією провисання стрічки:

$$S_{\min} = (q_{\text{стр}} + q_{\text{в}})gt_{\text{п}}^{\text{в}} = (1,65 + 0,601) \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 33,1 \text{ Н}; (4.8.29)$$

Оскільки $S_{\min} \leq S_1$, то умова найменшого провисання стрічки виконується.

4.8.7. Тягове зусилля на приводному валу барабана

$$\begin{aligned} F &= S_{\text{нб}} - S_{\text{зб}} + (K_{\text{б}} - 1)(S_{\text{нб}} + S_{\text{зб}}) = \\ &= 101,8 - 39,8 + (1,045 - 1)(101,8 + 39,8) = 68,4 \text{ Н}. \end{aligned} (4.8.30)$$

4.8.8. Потрібна потужність на приводному валу конвейера

$$N_0 = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{68,4 \cdot 0,6}{1000} = 0,04 \text{ кВт}. (4.8.31)$$

По каталогуобераємочерв'ячний мотор-редуктор – NMRV 030 з параметрами: потужність $N_{\text{дв}}=0,06$ кВт; частотаобертів $n_{\text{дв}}=80$ об/хв.

Розділ 5. Основні положення монтажу, правил експлуатації і діагностики

5.1. Підготовчі роботи

5.1.1. Призначення і будову устаткування

Валкову дробарку в основному застосовують в якості машини другого помелу, тобто після попереднього дроблення матеріалу щоквою або конусною дробаркою. Також валкову дробарку застосовують для подрібнення глини. Процес дроблення в валковій дробарці зводиться до наступного: матеріал завантажується на два паралельних валка, що обертаються назустріч один до іншого, матеріал затягується в проміжок між валками і піддається дробленню.

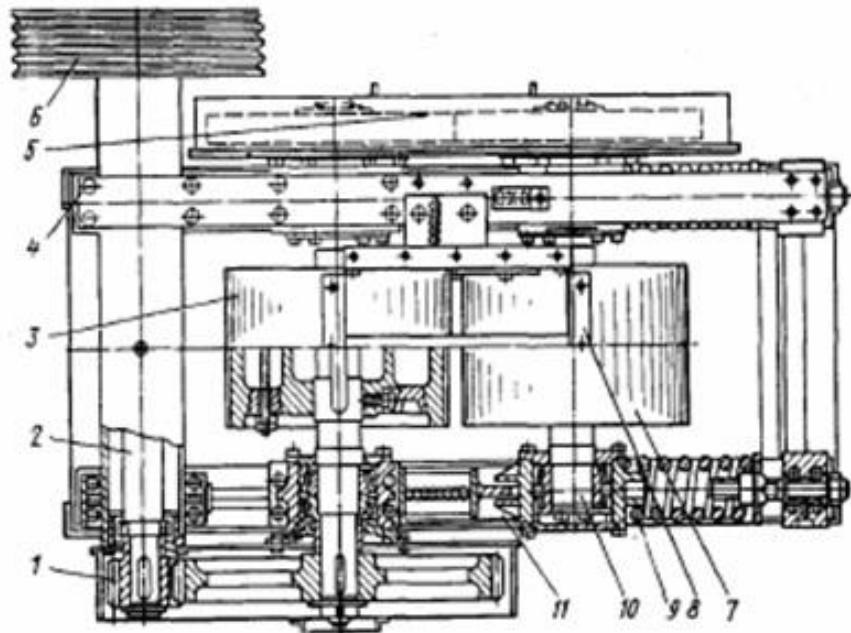


Рис. 6.1. Валкова дробарка

Валкова дробарка (рис. 6.1.) складається з станини 4, приводного вала 2 з клинопасовим шківом 6, передає обертання зубчастою парою 1 валку 3, а від нього зубчастою передачею 5 валку 7. Вал валка 3 спирається на роликові підшипники, нерухомо укріплені на станині. Підшипники вала 10 установлені в напрямних станини рухомо, але під час роботи вони притиснуті пружинами 9 до упорів 11. Положення упорів визначає величину зазору між валками. При

попаданні неподрібнюваного матеріалу валок відсувається вправо, стискаючи пружини, і неподрібнюваний шматок проходить в збільшився зазор, після чого пружини повертають валок в початкове положення і робота дробарки триває. Валки мають збірну конструкцію.

5.1.2. Приймання обладнання

Приймання ведемо згідно СНиП 3.05-05-84 "технологічне обладнання та технологічні трубопроводи". Устаткування надходить у вигляді двох рам, на одній з них зібрані валки з шестернями, на другий левередж зі шківом. При прийманні виробляємо зовнішній огляд: відсутність видимих дефектів, наявність консервують елементів, наявність комплектуючих елементів. Виробляємо розконсервацію обладнання, що надходив в монтаж, на спеціальному стенді. Розбираємо валковий дробарку на деталі, знімаємо консервуючі масла. Виробляємо вимір геометричних параметрів, після складання дробарки. Устаткування має надходити в повній заводській готовності, що минув контрольну збірку, випробування, з пристосуваннями для монтажу і зварювання. Документація, яка передається монтажній організації, повинна містити: відомості про умови роботи апарату; вказівки про способи і параметрах випробування апарату при здачі його в експлуатацію; дані про матеріал прокладок і ущільнювачів набивок; сертифікацію деталей із зазначенням маси, матеріалу і посилання на ГОСТ (для стандартних деталей); відомості про футерування апарату або нанесенні іншого захисного шару; вказівка про засоби кріплення при його установці в проектне положення. Складаємо акт приймання-здачі обладнання в монтаж, підписаний трьома представниками: заводу-виготовлювача, замовника і монтажній організації.

5.1.3 Приймання фундаменту

Приймання фундаменту ведемо згідно СНиП 305050-84 І РП. При прийманні проводимо зовнішній огляд фундаменту: відсутність сколів, тріщин, оголеною арматури, наявність фундаментних болтів, якість різьблення на болтах, перевіряємо осі фундаменту, геометричні розміри фундаменту, відстань

між болтами, висотні позначки. Отримані розміри повинні бути в межі допустимих.

Допустимі відхилення в плані (мм):

Заосновними розмірами в плані. +30

За висотним позначок поверхні

Фундаменту без урахування висоти підливи. -30

За розмірами уступів в плані -20

Поосях фундаментних болтів в плані +20

Заоцінками верхніх торців фундаментних болтів +20

За висотним позначок реперів +0,5

Після закінчення приймання фундаменту складаємо акт приймання – здачі фундаменту під монтаж валкової дробарки, підписаний трьома представниками: від замовника, від будівельної організації і від монтажної організації.

5.2. Технологічна частина

5.2.1. Послідовність монтажу

Прийняті в монтаж вузли валкової дробарки збираємо на загальній рамі. При збірці проводимо ревізію підшипників, перевірка прилягання вкладишів підшипників до шийок валів, перевіряємо напрямні для пересування підшипників веденого валка, а також перевіряємо зубчасті передачі.

Збірку валкової валкової дробарки здійснюємо за допомогою 3-5 тонного автомобільного крана безпосередньо на фундаментних клинах або клинових домкратах, встановлених на фундаменті. Дробарку стропуємо, за місця зазначені в робочому кресленні, і піднімаємо на висоту 200-300мм для перевірки строп і правильності стропування. Потім піднімаємо на висоту зазначену в робочому кресленні, і заводимо над фундаментом на висоті 500мм, опускаємо дробарку на клини. Правильність установки валкової дробарки перевіряємо щодо поздовжньої і поперечної осей. Розбивочні осі (струни)

натягуємо над фундаментом дробарки, з кожної струни опускаємо по два схилу. дробарка повинна бути виставлена так, щоб схили з поперечної осі збігалися з обох сторін з центрами вала ведучого валка, а схили з поздовжньої осі збігалися з серединою валків.

Горизонтальність рами перевіряємо двома рамними рівнями, що встановлюються у взаємно-перпендикулярних напрямках - на шийку вала ведучого зубчастого колеса і на зворотну поверхню рами. Положення рами контролюємо монтажними клинами.

Вивірена валкова дробарка і її анкерні болти підливають бетонною сумішшю і витримуються до придбання сумішшю достатньою міцності, після чого проводиться затягування анкерних болтів і вторинна вивірка горизонтальності валків. Для виправлення можливих відхилень під нижні кришки підшипників укладаємо металеві прокладки.

Електродвигун і огорожі всіх відкритих обертових вузлів встановлюємо після вивірки дробарки.

5.2.2. Випробування

Випробування проводимо згідно СНиП 30505-84 "технологічне обладнання і технологічні трубопроводи" і паспорта. Змонтоване обладнання піддаємо випробуванням: на щільність і міцність (зубчастих передач, різьбових з'єднань і ущільнень, а так самосистем змащення і охолодження); випробування в холосту; випробування під навантаженням.

Перед пуском перевіряємо натяг пружини відтяжної штанги, приводних ременів і зазори по вкладишів підшипників валків. Перші проворот головного валу виробляємо, за допомогою лебідки не вмикаючи електродвигун. холосту обкатку дробарки виробляємо протягом 8 годин. при задовільних результатах обкатки монтуємо технологічні металоконструкції - бункера, транспортери подають і приймають матеріал.

При обкатці під навантаженням робочі параметри (тиск, потужність і т.д.) підвищуємо поступово. При виявленні несправностей, ремонт виконуємо тільки

при повної зупинки. Так само робимо безперервне випробування на робочих режимах протягом 2 годин.

Після випробування під навантаженням перевіряємо затягування гайок фундаментних болтів.

Результати випробування валкової дробарки оформляємо актом.

5.3. Техніка безпеки при монтажі

За СНиП 12.03-2001 і ППР. До монтажу допускаються особи, які досягли 18 річчя і пройшли медичний огляд і вступний інструктаж з техніки безпеки.

На монтажному майданчику не повинно знаходитися зайвих предметів, людей, вибухо- і пожежонебезпечних матеріалів. Чи не повинні проводитися будь-які інші роботи.

Робітники повинні бути забезпечені монтажними поясами, касками, і всім необхідним справним інструментом.

При монтажі обов'язково потрібно робити контрольний підйом для перевірки стропування, міцності стропів, стійкості крана. Не можна допускати вигину строп.

Під час випробування, при виявленні несправностей, несправності виправляти лише за умови повної зупинки обладнання.

До монтажу і випробувань допускаються тільки особи, які досягли 18 років, що минули інструктаж з техніки безпеки і медичний огляд.

У монтаж допускається обладнання пройшло технічний огляд і випробування.

Монтажна майданчик повинен бути огорожений, повинні бути поставлені знаки показують в'їзд і виїзд транспорту, місця входу і виходу з території, перед в'їздом вказується план робочої зони.

Проходи не повинні загороджуватись, повинен бути вільний доступ до пожежних кранів, рукавів, вогнегасників і до ящиків з піском.

Перед початком робіт на висоті всіх знайомлять з характером роботи, станом робочого місця, безпечним видам підйому і спуску.

5.4. Експлуатація обладнання

До експлуатації допускаються працівники, які вивчили техніку безпеки.

Введення лінії в експлуатацію тільки після проведення випробувальних робіт.

Перед пуском необхідно:

- провести зовнішній огляд обладнання;
- підготувати робочі місця обслуговуючого персоналу;
- провести змащування точок обладнання згідно схемам і картам змащування, в яких занесені всі вузли тертя і контакту, вказане мастило, його кількість і спосіб змащування;
- перевіряється надійність кріплення вузлів і деталей обладнання до його каркасу, обладнання до фундаменту;
- перевіряється величина натягу клинових пасів і при необхідності провести їх натягування;
- роботоздатність завантажувальної воронки і системи розвантаження обладнання;
- сепаратор магнітний СМБ має рухомі обертаючі елементи, не дозволяється створювати які-небудь штучні перешкоди (в тому числі частинами тіла) для обертання елементів сепаратора; необхідно проявити обережність при перебуванні близько працюючого сепаратора;
- у сепараторі використовуються дуже «міцні» високоенергетичні рідноземельні постійні магніти; магнітний барабан сепаратора має дуже велику силу притягання металевих предметів, тому при роботі з магнітним барабаном треба проявляти обережність;
- для запобігання травм при обслуговуванні сепаратора не підносити до магнітного барабану металевих предметів; при встановленні робочого

зазору не перевіряти його величину різноманітними частинами тіла; перевіряти величину зазору тільки предметами із немагнітних матеріалів.

- забороняється здійснювати розбірку магнітних елементів магнітного барабана сепаратора і їх нагрівання до температури вище +80 °С.

Після перевірки робочого стану дробарки запустити двигун і тільки після того, як ротор дробарки розженеться до робочого числаобертів, приступити до завантаження перероблюємим матеріалом.

Технічне обслуговування.

Від правильності обслуговування обладнання і лінії по переробці в цілому залежить його довговічність, безаварійна робота і надійність. Основні заходи обслуговування слідуючі:

- оденний надзор і догляд заобладнанням при його пуску, роботі і зупинці виконується обслуговуючим персоналом, що пройшов спеціальне навчання;
- технічне обслуговування електрообладнання має виконуватись у відповідності з вимогами техніки безпеки кваліфікованим цеховим персоналом;
- в процесі нагляду та догляду за лінією виконуються наступні операції: очищення збірних одиниць і їх вузлів, спостереження за робото здатністю і станом пристроїв, вузлів і їх деталей, перевірка справності огорожувальних пристроїв, спостереження за температурним і швидкісними режимами, тощо;
- забезпечення працездатності лінії правильним і вчасним змащенням мастилом відповідної якості і чистоти; при цьому всі підшипникові вузли мають бути відкриті, очищені і промиті бензином;
- перевірка завантажувальних і розвантажувальних лотків, рівномірність подачі матеріалу і відповідність ступеню подрібнення і очищення матеріалу на виході із обладнання;

- періодично виконуючи зупинки, перевіряти стан робочих елементів дробарки; перед зупинкою необхідно припинити завантаження;

Якщо кусковатість подрібненого матеріалу не відповідає заданій, то необхідно:

- змінити зазор між робочими елементами ротора і колосниковою решіткою;
- перевіряти занос поверхонь робочих елементів і при необхідності замінити новими;
- змінити швидкість обертання ротора; при збільшенні швидкості обертання кусковатість матеріалу зменшується.

Основні несправності в роботі обладнання і способи їх усунення приведені в табл. 5.4.1.

Таблиця 5.4.1.

№ п/п	Наявність і характер несправності	Можлива причина появи	Спосіб усунення
1	Підвищена вібрація дробарки під час пуску	Ротор не збалансований	Перевірити вагу робочих елементів протилежно розташованих
2	Стук в дробарці, неробочі шуми	Послаблення кріплень робочих елементів, їх поломка, послаблення кріплень підшипників	Перевірити кріплення всіх робочих елементів, зазори між робочими елементами і елементами корпусу. Відрегулювати зазори
3	Збільшилась кусковатість подрібнюваного матеріалу	Знос робочих поверхонь елементів дробарки, їх поломка, порушення зазорів між робочими елементами і елементами корпусу	Замінити зношені елементи, відрегулювати зазори

4	Нагрівання підшипникових вузлів (виявляється рукою, не можна витримати більше 2-3 секунд)	Недостатність мастила, його забруднення, поломка підшипника	Перевірити рівень і чистоту мастила; замінити мастило чи підшипники
5	При роботі привода чути стуки або подібні шуми	Несправні підшипникові вузли	Перевірити підшипникові вузли барабана і редуктора
6	Протікання мастила в підшипникових вузлах	Порушення кріплення з'єднань. Знос ущільнень	Підім'яти деталі з'єднань. Замінити ущільнення
7	Не працює вся система привода сепаратора	Не працює редуктор	Перевірити наявність електроживлення. Перевірити працездатність двигуна-редуктора
8	Магнітний барабан проковзує	Не достатньо натягнута стрічка	Перевірити натяг стрічки

5.5. Ремонт

До системи ППР входять:

Профілактичний огляд (О) - огляд устаткування, який здійснюється через відповідні проміжки часу для кожної машини.

Поточний ремонт (ПР) - мінімальний вид ремонту, який забезпечують безаварійну роботу машини до чергового планового ремонту.

Середній ремонт (СР) - полягає у відновленні експлуатаційних характеристик машин шляхом ремонту чи заміни зношених складових частин.

Капітальний ремонт (КР) - полягає в повному розбиранні машини, заміни чи ремонтку всіх вузлів і деталей, що зносились.

Розрахунок показників ППР

6.5.1. Структура ремонтного цикла - 48 місяців\

КР-О-О-О-О-О-ПР-О-О-О-О-О-О-О-О-О-О-О-ПР-О-О-О-О-О-КР

6.5.2. Тривалість міжремонтного періода:

Пр.ц. = Сс.д./Дф.ч. = 48/4 = 12 місяців;

Сс.д. - мінімальний строк служби деталі, яку замінюють при тому чи іншому виді ремонту;

Дф.ч. - дійсний розрахунковий місячний або річний фонд часу.

6.5.3. Ступінь складності ремонту і його ремонтні особливості оцінюються в категоріях складності: позначаються (R-10R)

$$R = T_{кр}/T$$

$T_{кр}$ - час, необхідний для капітального ремонту поодній умовній ремонтній одиниці, $T=35$ мод/год.

Категорія складності ремонту для молоткової дробарки складає $R=3$. $T = 3*35 \setminus 150 =$ мод/год.

6.5.4. Числові значення норм трудомісткості по видах ремонту:

$r = 35$ мод/год - капітальний ремонт;

$r = 21$ мод/год - середній ремонт;

$r = 7$ мод/год - поточний ремонт;

$r = 1$ мод/год - огляд;

Час, необхідний для кожного з ремонтів:

Капітальний ремонт:

$$T_{кап.р.} = R*r = 3*35 = 105 \text{ мод/год}$$

Середній ремонт:

$$T_{сер.р.} = 3*21 = 63 \text{ мод/год}$$

Поточний ремонт:

$$T_{п.р.} = 3*7 = 21 \text{ мод/год}$$

Огляд:

$$T_{огл.} = 3*1 = 3 \text{ мод/год}$$

6.5.5. Трудоемність ремонтного цикла:

$$Tr.ц. = R(T_{к}*T_{с}*Σc+m*ΣП+T_{о}*Σ0)=3(35+21+7*2+20) = 270 \text{ мод/год}$$

6.5.6. Кількість робітників для виконання міжремонтногообслуговування визначається по цехам, ділянкам або підприємствам:

$$\varphi_{с.зм} = \sum R/N = 1/500 = 0,002$$

$\sum R$ - сума ремонтних одиниць обладнання цеха, ділянки або підприємства;

N - норма міжремонтного обслуговування на одного робітника.

6.5.7. Чисельність ремонтних бригад

$$\varphi_{р.бр} = T/Нч$$

T - трудоемність відповідного ремонтуї

$Нч$ - норма часу на ремонт

$$\varphi_{р.бр.кап} = 35/105 = 0,333$$

$$\varphi_{р.бр.сер} = 17,4/63 = 0,276$$

$$\varphi_{р.бр.пот} = 4,4/21 = 0,209$$

$$\varphi_{р.бр.огл.} = 0,6/3 = 0,2$$

6.5.8. Тривалість ремонту обладнання при складанні місячних планів ремонту

$$A = r * R * k_{п} / \varphi_{р.бр} * T_{зм} * Z_{м}$$

$k_{п}$ - коефіцієнт виконання норм часу, $k_{п} < 1$

$T_{зм}$ - тривалість зміни, $T = 8$ год

$Z_{м}$ - кількість змін, $Z_{м} = 3$

$$A_{к} = 35 * 3 * 0,9 / 0,333 * 8 * 3 = 11,82 \text{ год}$$

$$A_{сер} = 21 * 3 * 0,4 / 0,276 * 8 * 3 = 8,56 \text{ год}$$

$$A_{пот} = 7 * 3 * 0,9 / 0,209 * 8 * 3 = 3,77 \text{ год}$$

$$A_{огл} = 1 * 3 * 0,9 / 0,2 * 8 * 1 = 0,56 \text{ год}$$

6.5.9. Тривалість простою обладнання в ремонті при складанні готового плану ремонту

$$A = 24 * Пр * R / T_{зм}$$

$Пр$ - норма простою обладнання в ремонті за одну ремонтну одиницю

$$Пр = 0,05 * 20 + 0,15 * 2 + 0,42 + 0,8 = 2,52 \text{ доби}$$

$$A = 24 * 2,52 * 3 / 8 = 22,68 \text{ зміни}$$

$$A_{к} = 24 * 0,8 * 3 / 8 = 7,2 \text{ зміни}$$

$$A_{с} = 24 * 0,42 * 3 / 8 = 3,78 \text{ зміни}$$

$$A_p = 24 * 0,15 * 3/8 = 1,35 \text{ зміни}$$

$$A_o = 24 * 0,05 * 3/8 = 0,45 \text{ зміни}$$

6.5.10. Норма запасу запасних частин на складі

$$N_{\text{дет}} = O_{\text{дет}} * O_n * M * k_n / C_{\text{с.д.}}$$

$O_{\text{дет}}$ - кількість однакових деталей в машині

O_n - кількість однакових машин

$C_{\text{с.д.}}$ - строк служби деталей в місяцях

$$N_{\text{част}} = 27 * 1 * 6 * 0,95/3 = 54 \text{ шт}$$

Розділ 6. Охорона праці

6.1. Загальні вимоги охорони праці

Загальні вимоги охорони праці викладені в інструкції «Загальні вимоги з охорони праці до працівників, зайнятих у виробництві полімерів та їх переробці».

6.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи

Оглянути, привести в порядок і надіти спецодяг і спецвзуття. Волосся прибрати під головний убір. Одягти каску.

Відповідно до норм видачі спецодягу, спецвзуття та дру-гих засобів індивідуального захисту машиністу валкової дробарки видають-ся засоби індивідуального захисту.

Роботодавець зобов'язаний замінити або відремонтувати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту, що прийшли в непридатність до закінчення встановленого терміну носіння по причинах, не залежних від раками.

Перед початком роботи машиніст повинен перевірити:

- наявність і справність засобів індивідуального захисту (респіратор, захисні окуляри, рукавички і ін.), наявність і комплектність аптечки до-врачеб-ної допомоги;
- освітленість робочого місця, в першу чергу пускових пристроїв, приводів, огорожень, натяжних пристроїв, сходів, перехідних містків і т.д. Несправності в освітлювальній мережі усуває електромонтер;
- наявність і справність захисних і огорожувальних пристроїв на всіх відкритих передачах, валах, муфтах та ін. Працювати при знятих, несправних, погано закріплених захисних і огорожувальних пристроях забороняється;
- справність наявних засобів сигналізації, контрольно-вимірювальних

приладів;

- наявність і справність робочого інструмента (кувалди, троса, лопати, скребків тощо.);
- чистоту і незахарашених сторонніми предметами робочого місця, проходів, майданчиків;
- візуально - справність заземлення двигунів і пусковий апарату-ри;
- наявність обтиральних і мастильних матеріалів. Їх запас не повинен перевищувати добової потреби, зберігати їх необхідно в металевих ящиках з щільно закритими кришками;
- наявність на робочому місці журналу прийому-здачі зміни, інструкції по експлуатації обладнання, інструкції з охорони праці та пожежної безпеки, а також інструкції по сигналізації.

Всі виявлені при прийомі зміни неполадки і порушення від-бити в змінному журналі і сповістити про це майстра.

Якщо час приймання зміни збіглося з моментом аварії або недопустимих відхилення в режимі роботи агрегату, зміну необхідно прий-мати тільки з дозволу майстра, начальника зміни або начальника цеху.

Огляд стану валкової дробарки і комплектуючогообладнання-вання проводити тільки при виключених головних включають апарати-тах з ручним керуванням (рубильники, автомати і т.п.) і вивішених на них плакатах «Не включати - працюють люди!».

Перед пуском переконатися у відсутності людей в робочій зоні обладнання і дати попереджувальний сигнал.

6.3. Вимоги охорони праці під час роботи

При обслуговуванні дробарки необхідно стежити за рівномірним подаванням і розміром матеріалу, не допускати попадання в нього металевих предметів.

Видаляти негабаритний матеріал, виробляти чистку дробарки або ремонтні роботи тільки при відключених головних включачах апаратах з ручним керуванням і вивішених на них плакатах «Не вмикати–працюють люди!».

Роботи всередині дробарки робити тільки за нарядом-допуском.

При обслуговуванні працюючого обладнання забороняється:

- працювати без засобів індивідуального захисту;
- торкатися руками, одягом або будь-якими іншими предметами до рухомих частин обладнання;
- знімати захисні і огорожувальні пристрої;
- спиратися і сідати на огорожі, перила, кожухи;
- проводити очищення і прибирання просипу під живильником;
- виробляти натяжку стрічки живильника;
- виправляти деформовані деталі пластинчастого транспортера;
- працювати з несправними вантажопідйомними тросами, при минулому терміні випробування тросів;
- змащувати рухомих частин дробарки та іншого обладнання-ванна, які не мають спеціальних пристосувань для безпечного проведення ручної дистанційної мастила;
- регулювати будь-які механізми;
- користуватися для освітлення факелом або переносною лампою напругою вище 12В.

Стежити за сигналами, що попереджають виникнення небезпечності, дотримуватися заходів особистої безпеки.

Устаткування необхідно зупинити при:

- загрозу аварії або нещасного випадку;
- несправній системі звукової і світлової сигналізації;
- відключенні освітлення цеху;
- попаданні на живильник сторонніх предметів абонегабаритних кус-ков матеріалу;
- несправності обладнання, робота при яких заборонена правилами технічної експлуатації.

6.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

При аварійній поломки валкової дробарки або допоміжногообладнання, загрозу нещасного випадку необхідно зупинити роботу і повідомити проце майстраабо начальнику цеху.

У разі пожежі необхідно зупинити обладнання, повністю знеструмити установку, викликати пожежну охорону, сповістити про це майстраабо начальник цеху, вжити заходів до гасіння осередку наявним засобами.

6.5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи

До закінчення зміни провести прибирання робочого місця. Забороняється протирати перильні огорожі, робочі майданчики, сходи дрантям, змоченою паливно-мастильними матеріалами, а також проводити прибирання за допомогою стиснутого повітря.

Ручний інструмент та інвентар привести в порядок, скласти в від-ведення місці. Пошкоджений протягом зміни інструмент або інвентар відремонтувати самостійноабоздати для ремонту майстру зміни

Використаний обтиральний матеріал скласти в призначене місце.

Ознайомити змінника з усіма неполадками, що мали місце при експлуатації обладнання протягом зміни, зробити відповідний запис у журналі прийому-здачі змін, доповісти майстру або начальнику цеха.

При неявці змінника доповісти майстру або начальнику зміни і в подальшому керуватися його вказівками.

6.6. Характеристика можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів у цеху засоби їх знешкодження

На підприємстві перероблятимуть поліетилен, при переробці якого у плівку в наслідок деполімеризації і термоокислювальної деструкції виділяють такі шкідливі пари і газу:

– формальдегід (пари) за класом небезпечності відносяться до 2-го класу з ГДК 0,5 мг/м³, має гостро направлену дію і викликає запалення слизової оболонки очей та дихальних шляхів;

– ацетальдегід (пари) за класом небезпечності відносяться до 3-го класу з ГДК 5 мг/м³, викликає запалення слизової оболонки очей та дихальних шляхів;

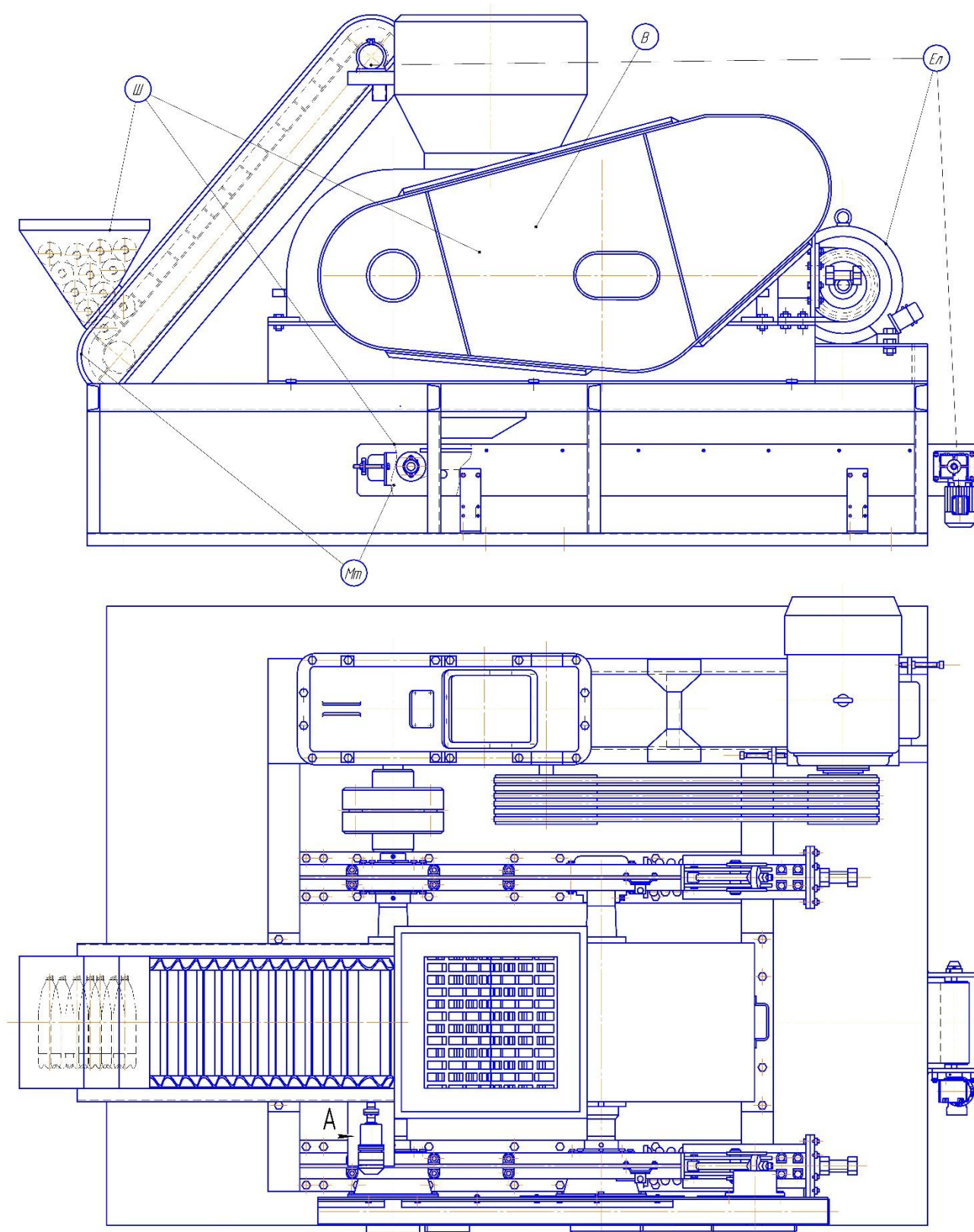


Рис. 5.1. Схема обладнання зі вказаними небезпечними та шкідливими чинниками: В – вібрація; Ш – шум; М – механічні травми; Еп – електронезбезпека.

– органічні кислоти у перерахунку наоцтову кислоту (пари) за класом небезпечності відносяться до 3-го класу з ГДК 5 мг/м³, викликає запалення слизової оболонки та верхніх дихальних шляхів;

– поліетилен (піна), 3-й клас небезпечності з ГДК 100 мг/м³, викликає алергічні захворювання;

– окис вуглецю (газ), 4-й клас небезпечності з ГДК 20 мг/м³, має гостро направлену дію і викликає задуху та діє на ЦНС.

Для переробки поліетилену передбачено використання наступногоосновного та допоміжногообладнання: екструдерів, пристрою для підігріву та підсушки гранул, намотуючи пристроїв та іншогообладнання.

Основними фізичними небезпечними факторами при проведенні роботи в цеху є:

– машини і механізми, що рухаються, валки намотую чого пристрою, тягнучі валки на екструдері;

– підвищена температура поверхні обладнання (циліндра та головки екструдера). При дотику людини до гарячих поверхонь виникають опіки.

– підвищений рівень шуму у цеху. В результаті тривалої дії шуму наорганізм людини порушується нормальна діяльність серцево-судинної та нервової системи, знижується гострота слуху, тобторозвивається професійна туговухість, послаблюється увага, погіршується зір, зміни в рухомих центрах;

– небезпечний рівень напруги в електричній мережі (220 – 380В): електродвигун, рубильники, може призвести до смерті людини;

– підвищений рівень статичної електрики при виготовленні рукавної плівки, Заряди статичної електрики можуть накопичуватись на людях таобладнанні. Під дією таких зарядів можливі рефлекторні рухи людини, що призводить до попадання в небезпечну зону.

Заходи для створення безпечних та здорових умов праці у цеху

З метою забезпечення безпечних та здорових умов праці у цеху передбачені наступні заходи:

- автоматизація виробничого процесу з усунення ручної праці: застосування пневмотранспорту і автоматичний контроль за ходом технологічного контролю;

- використання запобіжних та блокуючих пристроїв (вимикачі та сигналізатори безпеки);

- стіни пофарбовані білою фарбою.

По ступеню ураження людей електричним струмом згідно «Правил устрою електроустановок» даний цех відноситься до категорії приміщень з підвищеною безпекою, обумовленою можливістю одночасного дотику людини до з'єднаних з землею металоконструкцій, будівель, технологічних апаратів, механізмів і т. п. з одного боку, та до металевих корпусів електроустаткування з іншого.

Заходи електробезпеки:

- це електрообладнання в металевих корпусах має заземлення;
- усі з'єднання надійні, виключена можливість випадкового замикання;
- всі проводи, а також місця їх підключення надійно заізолювані;
- проводиться суворий контроль за станом електрообладнання;
- електрообладнання може бути легко знеструмлене як в самому цеху, так і за його межами.

В цеху передбачаю заземлення всього електрообладнання, що використовується в цеху, з метою усунення безпеки ураження електричним струмом у випадку доторкання до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

З метою забезпечення нормальних зорових умов праці в цеху передбачено штучне освітлення. Гарне освітлення має велике значення для здоров'я робочих, для створення безпечних умов праці та збільшення її продуктивності. Виконувани роботи відносяться до 8-го розряду зорових робіт. Основним видом штучного освітлення є загальне освітлення, що виконується за допомогою люмінісцентних ламп типу Л5–80 [17].

У цеху передбачено аварійне освітлення для продовження роботи при аварії. Найменша освітленість робочих поверхонь, потребує обслуговування при аварійному режимі, у середині будівлі становить 2,5 пк, зовні 1,5 пк.

Промислова вентиляція є одним з заходів, що забезпечує у відповідності з санітарними нормами гігієнічні вимоги до повітряного середовища та відповідні метеорологічні умови у виробничих приміщеннях. З цеху передбачена природна та штучна вентиляція.

При природній вентиляції (аерації) повітрообмін в цеху здійснюється за рахунок різниці питомої ваги повітря з середини та зовні приміщення і дії вітру. Природна вентиляція здійснюється через вікна та вентиляційні шахти. Штучна вентиляція здійснюється за рахунок вентиляторів.

Для працівників цеху передбачені засоби індивідуального захисту – бавовняні костюми, тканеві рукавиці, черевики, окуляри та інше.

6.7. Характеристика об'єкту за пожежо- та вибухонебезпекою

Причинами заpalення, вибухів та пожеж можуть стати:

- недотримання вимог інструкції по техніці безпеки, пожежної безпеки і промислової санітарії;
- несправність обладнання у зв'язку з несвоєчасним ремонтом;
- погана герметизація обладнання;
- коротке замикання в електричній мережі;
- ведення вогневих робіт.

Протипожежні заходи

Будівля відповідає 2-гому ступеню вогнестійкості, з несучими і з огорожуючими конструкціями з кам'яних матеріалів, залізобетону, з використанням негорючих матеріалів. В покрівлях будівлі не припустимо використання незахищених сталевих конструкцій.

Обов'язковими вимогами ведення процесу, виключаючими можливість виникнення пожеж в цеху виготовлення поліетиленової плівки є:

- вірне ведення технологічного процесу і дотримання інструкцій по техніці безпеки при обслуговуванні основного і допоміжного обладнання;
- дотримання вимог інструкцій по техніці безпеки, пожежної безпеки і промислової санітарії;
- своєчасний огляд і ремонт обладнання;
- вірне використання автотехніки.

В цеху з метою своєчасного оповіщення про виникнення пожежі, вмикання систем про виникнення пожежі, вмикання систем пожежегасіння, а також виконання пожежних команд, передбачена система пожежного зв'язку і оповіщення. Окрім цього в цеху встановлюється автоматична пожежна сигналізація.

Засоби гасіння пожеж

Виходячи з процесу горіння речовин, які використовуються у виробництві поліетиленової плівки, використовуються наступні первинні засоби пожежегасіння: пісок і вогнегасники типу ОВП – 10, які встановлюють на кожні 150 м² приміщення.

Протипожежне водопостачання відбувається системою протипожежного трубопроводу. Витрата води на зовнішнє пожежегасіння – 15 л/с. Цех обладнано внутрішнім протипожежним водопостачанням: пожежні крани встановлені на висоті 1,35 м над підлогою приміщень у входів.

6.8. Висновки

Були розглянуті вимоги охорони праці перед початком роботи та під час роботи з обладнанням для уникнення не бажаного травматизму та виходу з ладу обладнання.

Були розглянуті вимоги охорони праці при аварійних ситуаціях для швидкого реагування та знешкодження аварійної ситуації на виробництві і збереження життя працівників.

Були розглянуті основні небезпечні чинники на виробництві та засоби їх знешкодження для своєчасного виявлення загрози життю робітників підприємства, а також пошкодження чи знищення самого підприємства.

Висновки

За результатами проведених мною досліджень конструкція валкового подрібнювача з подвійними зубцями на валках є досить ефективною через комбінацію таких зусиль як різання та зминання, що безсумнівно можна використати вже для «грубого» першого етапу подрібнення. Проте дана конструкція має такі на мій погляд недоліки: складність виготовлення спроектованих ножів, їх монтаж та заміна. Ці проблеми конструкції будуть усуватися в етапі доопрацювання і модернізації конструкції.

Також треба відмітити і про транспортну систему, що використана у конструкції. Використане обладнання проектувалось з використанням електродвигунів з частотним керуванням, що дозволяє регулювати продуктивність та заощаджувати електроенергію у випадку малої подачі сировини. Дана конструкція також має недоліки, а саме максимальна продуктивність яку може забезпечити подаючий конвеєр, через фізико-механічні особливості перероблюваного матеріалу.

Розроблена схема монтажу обладнання виконана у відповідності з усіма вимогами і нормами.

В розділі охорони праці при роботі з обладнанням на підприємстві добре враховані всі можливі небезпеки та розроблений комплекс заходів протидії і норм поведінки при роботі з обладнанням.

Спроектоване та удосконалене мною обладнання у представленій роботі на мою думку може знайти своє застосування у переробній промисловості.

Список використаної літератури

1. «Строительные машины и оборудование»: учебник для вузов/ В. П. Сергеев; -М.: Высшая школа, 1987. -376 с.
2. «Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации»: Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек; -М.: Машиностроение, 1990. 320с.
3. «Процессы в производстве строительных материалов»: А. Б. Лошкарёв, Д. А. Трапезников, В. Б. Пономарёв, А. Н. Клинкин
4. Константинополо Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов. М., Высш. школа, 1988
5. Константинополо Г.С. Примеры и задачи по механическому оборудованию заводов железобетонных изделий. М., Высш. школа, 1986
6. Мартынов В.Д., Строительные машины и монтажное оборудование, М., Высш. школа, 1984.
7. Сапожников М.Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. Машгиз, 1962.
8. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Машгиз, 1970.
9. Основы технологии переработки пластмасс (Власов С. В., Кандырин Л. Б., Кулезнев В. Н.) 2004 год 12.03.2016.
10. Визначення оптимальних параметрів основних характеристик подрібнення полімерів Заяць В. В. Михайловський Ю. Б.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. – М.: Машиностроение, 1968 – 467с.
12. Атаматюк В.Г., Ширенев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона. – М: Высшая школа, 1986.
13. Барабашен В.П. Магнитные сепараторы (конструкция, монтаж и эксплуатация) – М. : Госториздат, 1963-132с.

14. Гальперин Д.М., Монтаж и наладка технологического оборудования предприятий пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1988
15. Гражданская оборона, нормативные акты. – М.: Приф 2000
16. Гражданская оборона, под ред. Завьялова В.И. – М.: Медицина, 1988
17. Донченко А.С., Донченко В.А. Эксплуатация и ремонт сепараторного оборудования: Справочное пособие – М.: Недра, 1972
18. Драгилев А.И. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности. – И. Агропромиздат, 1988
19. Длоугий В.В., Приводы машин : Справочник, 1982-383с.
20. Калельзон И.Г. Метод расчета основных технологических параметров магнитных сепараторов. М.: Недра, 1966
21. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учеб. пособие для тех. вузов. – Х.: Основа, 1991
22. Клушанцев Б.В. Сепараторы. Конструкции, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990-320с.
23. Кукибний О.А. Курсове проектування транспортуючих машин. 1973-288с.
24. Машины и аппараты химической промышленности: под ред. Чернобыльского И.И. – М.: Изд. Машиностроительной литературы, 1962
25. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: за ред. академіка УААН Гулого І.О.- Вінниця: Нова книга, 2001
26. Соколенко А.И. Справочник специалиста пищевых производств, 2001 – 304с.
27. Гавва О.М. та інші Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090264 «Машины і технології переробки використаної упаковки» напрямку 0902 «Інженерна механіка» денної форми навчання – К.: НУХТ, 2004 -15с.
28. Харламов С. В. Практикум по расчёту и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отд-ние, 1991. – 256с.

29. Харламов С. В. Конструирование технологических машин пищевых производств: Учебное пособие для вузов. – Л.: Машиностроение, 1979. – 224с.

30. Фролов С.А. и др. Машиностроительное черчение. - М.: Машиностроение, 1981. - 300с.

31. Спиваковский А. О. Транспортирующие машины. Атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1971. – 236с.

32. Купчик М. П., Гандзюк М. П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. - К.: Основа, 2000. - 416с.

33. А.Ю. Беданок, Б.З. Бештоев, М.А. Микитаев, А.К. Микитаев, В.В. Сазонов «Полиэтилентерефталат: новые направления рециклинга».-М: 2009.