

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини
«APF-Max 8»
Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.13.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2
Шифр


Підпис

Володимир МАШТАЛЕР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук,
Науковий ступінь, звання


Підпис

Сава КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 20 » 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.05.2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Машталеру Володимиру Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

- 1 Тема дипломної роботи Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини «APF-Max 8»
керівник роботи Костюк Сава Андрійович, к.т.н.
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання
Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 8
- 2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023
- 3 Вихідні дані до проєкту (роботи) складальний кресленик прототипу виробу «Шнековий живильник», технічні експлуатаційні вимоги, обсяг випуску 1 тис. шт
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ
1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ (автоматизація системи завантаження екструдера)
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці
- 5 Перелік графічного матеріалу: кресленик аналіз конструкцій (1 лист А1); креслених функціонально-логічних схем керування живильником (1 лист А1); кресленик деталі «Черв'як живильника (1 лист А1); кресленик шнекового живильника екструзійної лінії (1 лист А1);

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи дипломний проєкт Закарпаття

Автор Машинер В.О

Освітня програма ІЗІ Прикладна механіка

Спеціальність: технології машинобудування

Науковий керівник: Костюк С.А

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	

Підтвердження:

Плагіату в кваліфікаційній роботі
не виявлено. Робота приймається до
захисту.

Дата 25.06.2024 р.

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Милко В.В

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Соба Костюк

Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Машишвілі В.С., ф-т, Інженерії транспортної та аерокосмічної, 3 курс, ППТс-21-1

ЗАЯВА

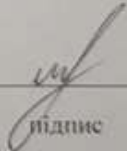
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

28.06.2024

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Машталер Володимир Олександрович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини APF-Max 8

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

(підпис)

ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Машталер В. О. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 33,33%, добре 43,59%, задовільно 23,08%. шкалою ЄКТС: А 23,21%, В 8,93%, С 33,93%, D 12,50%, E 21,43%.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Машталер В. О. виконав кваліфікаційну
роботу згідно з вимогами у повному обсязі.
Під час підготовки роботи проявив достатній
рівень інженерської підготовки і може претендувати
на присудження кваліфікації „бакалавр” за спеціальністю
131 Прикладна механіка

Оцінка дипломного проекту (роботи)

добре

Керівник дипломного проекту

Григор
(підпис)

С. Кошик
(ім'я, прізвище)

" 20 " червне 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Машталер В. О. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Технології машинобудування
(назва)

" " " 2024 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проєкт бакалавра

студента Машталера Володимира

на тему: Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини APF-Max 8

У дипломному проєкті Машталера Володимира виконано Модернізацію конструкції шнекового живильника для екструзійної машини APF-Max 8

У загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форму організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

У технологічному розділі спроектовано заготовку, технологічний маршрут оброблення деталі, розраховані припуски, спроектовані операції механічної обробки, виконано технічне нормування операцій.

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК та програми для керування верстатом з ЧПК за допомогою САМ програми.

У конструкторському розділі проведено вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення.

В розділі «Охорона праця» проаналізовано та вибрано системи освітлення виробничих приміщень.

Загальний висновок та оцінка

Для виконання токарної операції було обрано дороговартісне обладнання.

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на високу оцінку роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому інженерному рівні, що заслуговує «добре» оцінки

Рецензент М.Т.Ч. Доценко



О.А. Дорощев

«27» червня 2024 р.

Анотація

Тема проекту: Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини «APF–Max 8»

Автор В.О Машталер; Керівник проекту: С.А Костюк

Об'єм пояснювальної записки.....стор. Графічна частина.....листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз екструзійних ліній та процесу екструзії, розглянуто вплив стану сировини на процес завантаження екструдера та типи механічних живильників.

В другому розділі проведено розробку комбінованої схеми завантаження екструдера, побудований алгоритм роботи системи живлення екструзійної машини, розглянуто принцип роботи оптичних датчиків та приведено конструкційне виконання чутливого елемента оптичного датчика.

В третьому розділі виконано обґрунтування варіанту модернізації шнекового живильника та розрахунок його параметрів, проведено розрахунок кроку черв'ячного валу живильника в зоні завантаження.

В розділі охорони праці приведено дані по безпечній експлуатації екструзійної лінії та технологічного обладнання.

В додатках міститься технологічний процес виготовлення деталі «черв'як живильника».

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	8
1.1. Стан питання та задач дипломного проектування	8
1.1.2 Процес екструзії та різновиди екструзійних ліній	8
1.1.3 Конструкція та принцип роботи екструдера	12
1.1.4. Перебіг процесів під час екструзії	13
1.1.5 Вплив стану сипкої сировини на процес завантаження екструдера	14
1.1.6. Аспекти гравітаційного розвантаження бункерів	15
1.1.7. Типи механічних живильників	19
РОЗДІЛ 2	
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА	24
2.1 Розробка комбінованої схеми завантаження екструдера	24
2.2 Структурна схема системи живлення полімерною сировиною екструзійної машини	26
2.3 Побудова алгоритму роботи системи живлення екструзійної машини	27
2.4 Принцип роботи оптичних датчиків	29
2.5 Конструкційне виконання чутливого елемента оптичного датчика	34
РОЗДІЛ 3	
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ЛІНІЇ	36
3.1 Конструкція та принцип роботи шнекового живильника	36
3.2 Конструкторсько-технологічні параметри шнекового живильника	37
3.3 Обґрунтування варіанту модернізації шнекового живильника	38
3.4 Розрахунок геометричних параметрів шнекового живильника	39
3.5 Розрахунок потужності електродвигуна приводу	44
3.6 Розрахунок на міцність вала живильника	44
3.7 Розрахунок кроку черв'ячного валу живильника зони завантаження	47

3.8 Конструкція модернізованого живильника	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1 Методика по зменшенню рівня небезпеки в технологічному процесі переробки полімерів	51
4.2. Електробезпека	52
4.3. Пожежна безпека	53
4.4. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Сучасне екструзійне виробництво потребує удосконалення технологічних методів, обладнання так як, економічність та продуктивність екструзійної лінії при експлуатації залежать не тільки від досконалості конструкції, а на пряму від автоматизації процесу та ефективності живильного обладнання.

Застосування прогресивних технологій та високопродуктивних методів переробки, сучасного обладнання з числовим програмним керуванням, прогресивних форм організації виробничих процесів – все це спрямовано на вирішення головних завдань машинобудування: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Рівень розвитку промисловості – один з головних факторів технічного прогресу, який відображає рівень розвитку країни.

Підвищити рівень розвитку машинобудування можливо завдяки впровадженню нових досконалих технологій.

РОЗДІЛ 1

1.1 Стан питання та задачі дипломного проектування

1.1.2 Процес екструзії та огляд різновидів екструзійних ліній

Стрімкий розвиток технічного прогресу створив передумови до появи нових технологій, що з високою продуктивністю дозволяють виготовляти вироби з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Саме до таких технологій відноситься екструзія. Екструзія – продуктивний метод формування в робочій зоні екструдера розплаву полімеру який після продавлювання через формуючу головку певного профілю формує вироби заданої конфігурації та довжини. По суті це технологічний процес переробки пластмас, з метою отримання деталей різноманітної форми і розмірів. Широкого застосування при переробці полімерів набули черв'ячні екструдери. Екструдер перемішує сировину з наповнювачами та готує розплав з полімерних матеріалів з наступним продавлюванням його через спеціальну формуючу головку (фільтеру), яка забезпечує відповідну форму деталі з наступним охолодженням і калібруванням. Схема екструзійної машини наведена на (рис.1.1).

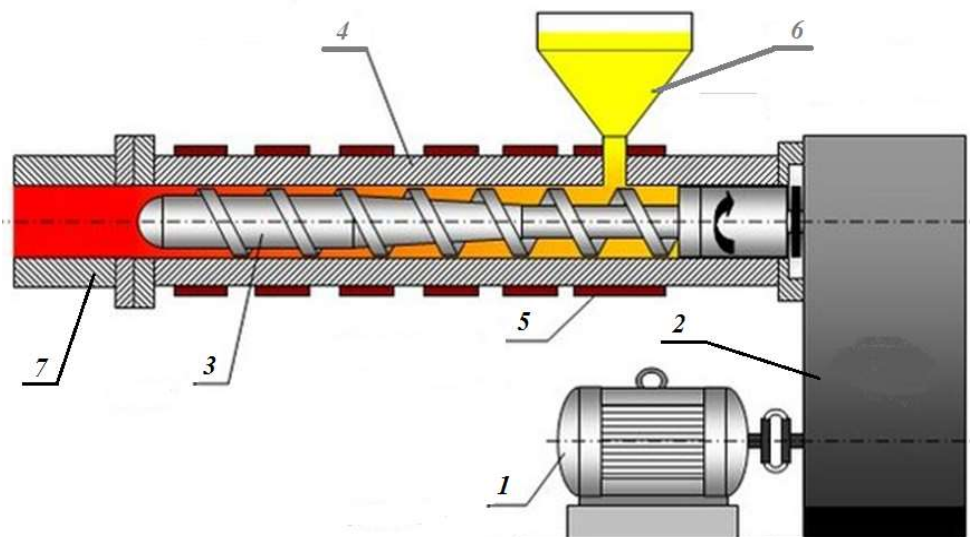


Рис.1.1 – Принципова схема екструзійного обладнання

- 1 – двигун; 2 – привід; 3 – шнек; 4 – циліндр; 5 – нагрівальний елемент;
6 – бункер; 7 – формуюча головка

Найбільшим попитом в промисловості користуються одно та двочерв'ячні екструзійні машини (в залежності від типу сировини). Основними робочими органами екструзійної машини є черв'як, циліндр і формуюча головка. При оптимальних пораметрах робочих органів, екструзійна машина працює стабільно з підвищеною працездатністю, але потрібно забезпечити безперебійну і стабільну подачу сировини з завантажувального бункера. В якості первинного матеріалу використовують полімерні гранули або порошок та різні добавки з присадками для надання кінцевим виробам необхідних характеристик.

Для випуску довгомірних виробів використовують екструзійні лінії. Принцип роботи обладнання такий як і у звичайних екструдерів, проте процес більш відлагоджений так як використовується комплекс додаткового технологічного обладнання (пристрій для завантаження та подачі сировини, пристрій для транспортування й охолодження виробу і т. д.)

За допомогою екструзійних ліній виготовляють наступні види продукції: поліетиленові труби, шланги, кожухи, гофротруби, труби нестандартного перерізу (рис.1.2); плівки різних видів (рис. 1.3); кабелі різного типорозміру; профілі різних конфігурацій.



Рис.1.2 – Екструзійна лінія для виготовлення ПВХ труб



Рис.1.3 – Екструзійна лінія для виготовлення ПВХ плівки

Сучасні екструзійні машини та лінії для переробки полімерів – це складні механізми об’єднані в одну систему, оснащенні технічними рішеннями, що

дозволяє ефективно налагоджувати виробництво полімерної продукції з мінімальною кількістю браку та відходів.

Особливість екструзійної лінії в тому, що вона працює безперервно 25-28 днів на місяць з врахуванням перерв на технічне обслуговування. Досягти таких високих показників можливо за умови використання складних ліній оснащених прогресивним технологічним устаткуванням, які забезпечують проходження декількох технологічних циклів одночасно.

1.1.3 Конструкція та принцип роботи екструдера

Екструдер умовно поділяють на такі основні складові елементи:

- корпус(циліндр) оснащений елементами нагрівання та охолодження;
- завантажувальний пристрій для завантаження сировини;
- робочий орган (черв'як, поршень, диск) під дією якого сировина переміщується та продавлюється через формуючу головку;
- фільєра формуючої головки, яка забезпечує форму деталі;
- механічний привід з електродвигуном;
- система керування параметрами технологічного процесу.

В залежності від кількості робочих органів екструдери можуть бути одношнекові та двох шнекові.

Черв'як працює за принципом дії гвинта Архімеда: захоплює сировину та просуває її до калібруючого отвору.

Для полімерів у порошкоподібному стані як правило застосовують двох шнекові екструдери гвинти яких можуть обертатись в одному або у зустрічному напрямках, мати взаємне зачеплення, мати пряму або конічну форму конуса.

На рис.1.4 наведено робочу пару « Шнек-циліндр» одно шнекового екструдера.

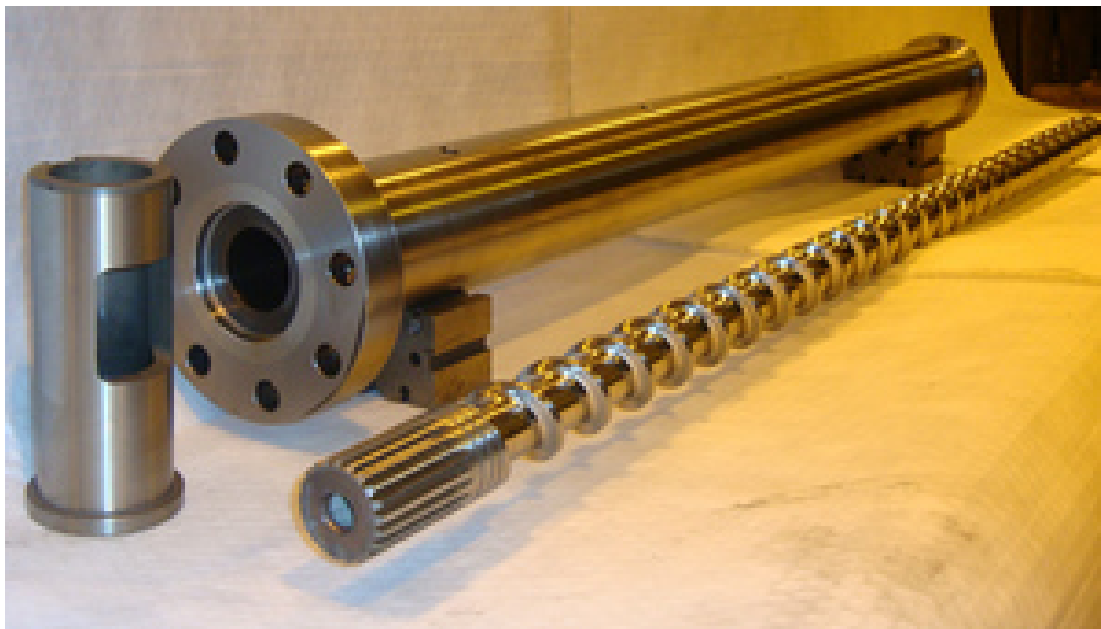


Рис. 1.4 – Шнек та циліндр одно шнекового екструдера

Залежно від перероблюваної сировини (природи полімеру, типу наповнювачів) застосовують шнеки різної довжини, різного профілю (циліндричні, з змінним кроком, нормальні бистрохідні), з різним характером зміни глибини нарізки профілю) і т.д.

1.1.4 Перебіг процесів під час екструзії

Технологічний процес екструзії складний і не ординарний. Спрощено його можна розглянути як просування полімеру шнеком, що обертається по його умовних зонах в робочій камері (рис 1.5).

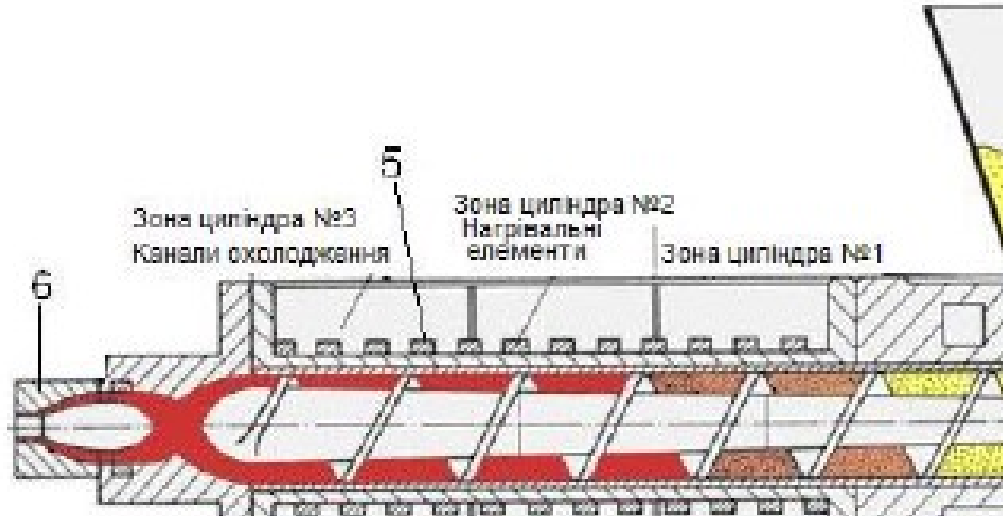


Рис. 1.5 – Принципова схема екструдера

1– бункер; 2 – шнек (черв'як); 3 – циліндр; 4 – водяні канали;
5–нагрівачі; 6 – формуюча головка

В зоні живлення (1) – сировина захоплюється шнеком, переміщується і транспортується в зону (2) – пластифікації далі, в зону (3) – дозування розплаву, а потім просувається по каналах формуючої головки.

Поділ шнека умовний і залежить від марки полімеру, що переробляється його температури плавлення, швидкісного режиму процесу і т. д. В залежності від меж зон на поверхні циліндра розміщують нагрівні елементи. Межі зон шнека та циліндра можуть не співпадати.

Для забезпечення стабільності процесу велике значення має завантаження полімерної сировини з бункера та рівень заповнення міжвиткового простору шнека в зоні завантаження.

Сировина для екструдера буває у вигляді гранул, порошку, стрічок або суміші гранул первинних та вторинних, а також з добавками (тальк, сажа, крейда і т. д.). Порошкоподібний полімер та наповнювачі мають схильність злежуватись. В таких випадках використовують примусові живильні дозатори,

які встановлюють в завантажувальні бункери. Рівномірне дозування та подача сировини в екструдер забезпечує якість розплаву та стабільність процесу.

Існують індивідуальні дозатори:

- шнекові, вібраційні, вагові та інші.

Добре зарекомендували себе шнекові дозатори для примусової подачі сировини. При ущільненні сировини в міжвитковому просторі черв'яка витісняється зайве повітря і підвищується продуктивність екструзійної машини приблизно в три рази також підвищується якість виробів.

1.1.5 Вплив стану сипкої сировини на процес завантаження екструдера

В екструзійних машинах часто використовують поширені циліндрично-конічні бункери (рис 1.6)

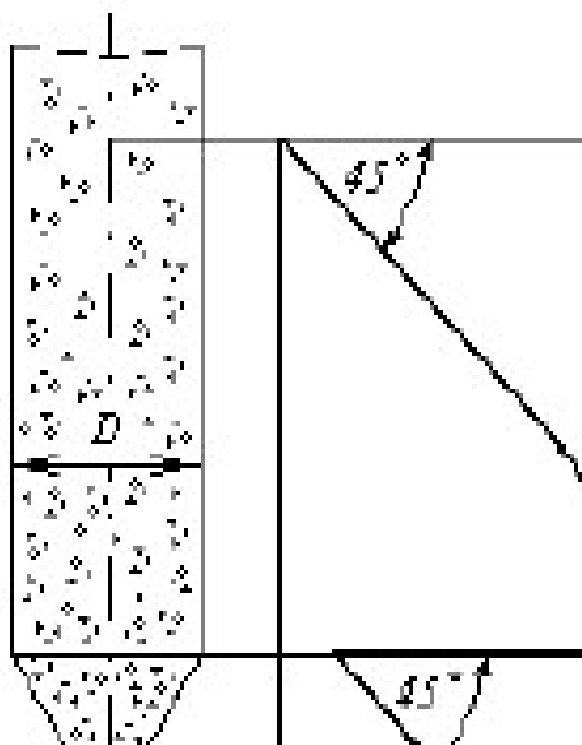


Рис.1.6. Схема розподілу тиску сировини за висотою у циліндрично конічному бункері

В отворі, що розташований на дні бункера, на горизонтальний затвор тисне суміш сировини з тиском:

$$P = \rho \cdot g \cdot R_g \cdot \left(\frac{R_g}{2} + f \cdot R_g + q \cdot R_g \right) \quad (1.1)$$

де ρ – насипна щільність матеріалу, кг/м³; f – коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу; q – коефіцієнт рухливості середовища; R_g – гідравлічний радіус випускного отвору, м.

Відношення площі отвору до його периметру це величина гідравлічного радіуса:

Величина гідравлічного радіуса дає оцінку пропускну здатності розвантажувального отвору бункера.

На практиці для визначення тиску сировини використовують формулу (1.3) в якій враховується коефіцієнт експлуатації:

$$S_{\text{отв}} = K_E \cdot d^2; \quad (1.3)$$

де $K_E = 1.0$ – коефіцієнт експлуатації для бункерів, що майже не спорожнюються, $K_E = 1.5$ для бункерів, що частково спорожнюються, $K_E = 2.0$ для тих бункерів, що повністю спорожнюються.

1.1.6 Передумови гравітаційного розвантаження бункерів

Найбільш поширеним та простим вважається гравітаційне розвантаження бункерів з сипкими матеріалами. Теоретично під дією сили тяжіння сипка сировина сповзає вздовж стінок бункера в горловину і таким чином транспортується зверху вниз спорожняючи бункер. Але на практиці даний процес протікає не зовсім однозначно. Важливу роль відіграє підготовка суміші тобто її температура, вологість, розмір частинок і т. д. Як правило розглядають два основні варіанти витоку матеріалу з бункера (рис. 1.7).

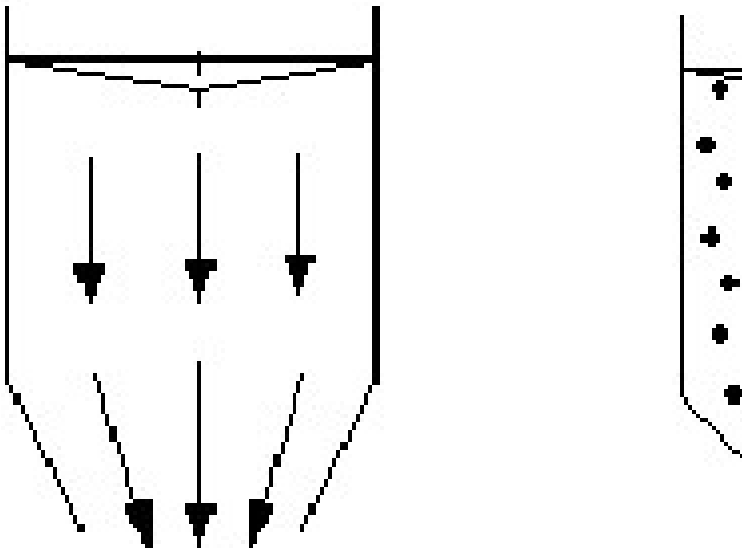


Рис.1.7 – Можливі варіанти витоку сипкого матеріалу з бункера
 а) масовий виток; б) виток з трубо утворенням

При масовому витокі переміщуються одночасно всі шари матеріалу (рис.1.7. а). Виток з утворенням центрального отвору (рис.1.7 б) відбувається при малих розмірах центрального отвору та куті нахилу дна бункера. За таких умов частина матеріалу може зависнути на стінках бункера. Неповне розвантаження бункера може спричинити підвищення вологості суміші. Рух центральних шарів стабільний, а пристінкові шари матеріалу сповільнюються в результаті над розвантажувальним отвором утворюються динамічні склепіння (рис.1.8г). Висоту динамічного склепіння можна визначити за формулою (1.4).

$$Q = A \cdot S_{\text{отв}} \sqrt{2 \cdot g \cdot R_f}, \quad (1.4)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від властивостей матеріалу та геометричних параметрів отвору бункера.

Коли динамічне склепіння перестає руйнуватись і витік матеріалу припиняється то такий стан вважають статичним склепінням.

Варіанти неповного витоку матеріалу з бункера наведено на (рис.1.9).

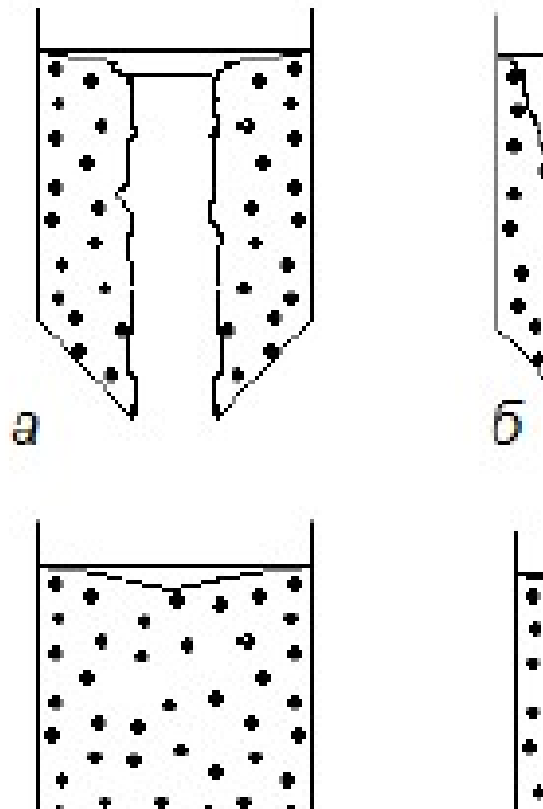


Рис.1.9 Схема утворення склепінь в порожнині бункера
 а) канал; б) конусна порожнина; в) місток; г) склепіння

Для вдалого випорожнення бункера необхідно проаналізувати характер сипучого матеріалу та правильно розрахувати геометричні параметри бункеру та діаметр отвору зведення:

$$B_c = \frac{5,2r_0}{\dots} \quad (1.5)$$

При спрощених розрахунках для незв'язних матеріалів приймають $B_c = (5-7)d$, а для зв'язних, приймають $B_c = (0.5-1.5)d$.

Для інтенсифікації витоку сипучих матеріалів з бункерів використовують статичні та динамічні методи.

Статичні методи основані на встановленні нерухомих (конічних або з подвійним конусом) вставок на межі циліндричної та конічної частин бункера закріплених на тягах (рис.1.10)

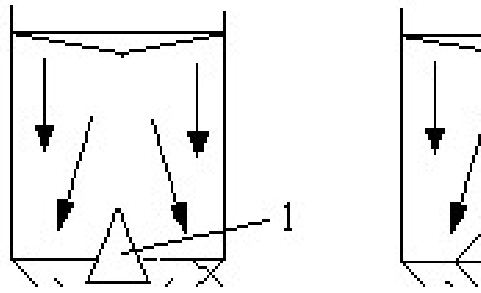


Рис.1.10 – Варіанти статичної інтенсифікації витоку суміші з бункеру

- а) – конічна вставка; б) – вставка з подвійним усіченим конусом;
 1) – конічна вставка; 2) – перемички; 3) – вставка з подвійним конусом

Вставка розташована на осі бункера розподіляє потік суміші вздовж стінок бункера і запобігає утворенню центрального каналу. Краще себе зарекомендувала вставка з двох усічених конусів (рис.1.10) прикріплена на чотирьох тягах до стінок бункера.

Динамічну інтенсифікацію проводять за допомогою наступних методів:

- механічне ворушіння з використанням мішалок з електроприводом, розміщених у масі матеріалу;
- продувкою повітрям через сопла та днище з безперервною або пульсуючою подачею;
- прикладанням коливальних навантажень до бункера за допомогою ексцентрикових приводів з електродвигунами;
- електромагнітні вібратори.

Гарні результати дають комбіновані методи. Якщо розмістити конус на рухомих перемичках і оснастити його віброелементом. При цьому зберігається ефект статичної вставки.

Позитивні результати дають розробки спеціальних живильників у яких використовується принцип саморегуляції подачі матеріалу.

Також для часткового або повного перекриття випускних отворів бункерів використовують запірні пристрої різних конструкцій (рис.1.11)

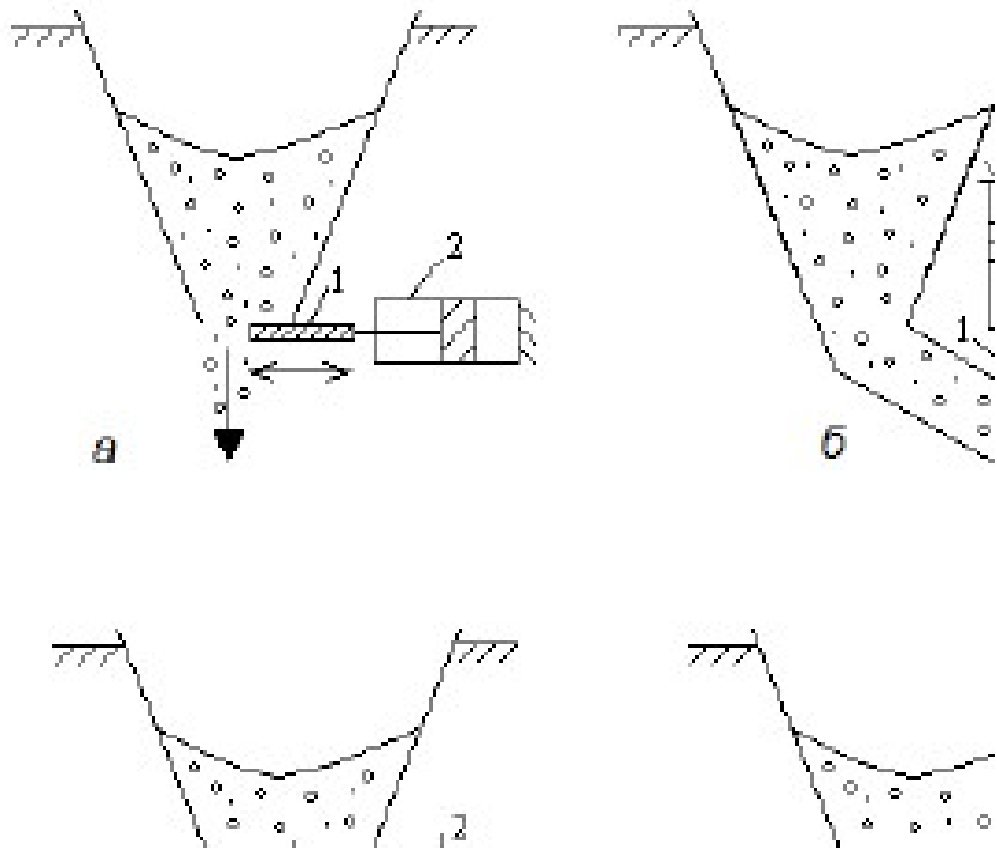


Рис.1.11 – Затвори живильників бункерів

a) – горизонтальний; *б)* – вертикальний; *в)* – секторний ; *з)* – затвор з нескінченою стрічкою; *1*– шибер; *2* – пневмопривід; *3* – сектор; *4* – рамка з нескінченою стрічкою.

1.1.7 Типи механічних живильників

Живильники та дозатори, що автоматично регулюють подачу сипких матеріалів повинні відповідати наступним вимогам:

- простота конструкції;
- герметичність;
- мінімальна кількість рухомих ланок;
- плавність регулювання витрат в заданому діапазоні;
- лінійність динамічних та статичних характеристик.

В промисловості набули широкого застосування механічні живильники та дозатори (для переміщення сипкого матеріалу використовується зусилля робочого органу).

За видом руху робочого органу розрізняють живильники з поступальним та обертальним рухом.

Живильники з безперервним потоком сипучих матеріалів поділяють за видом робочого органу на:

- стрічкові (полімерна або гумова смуга, шарнірно з'єднані пластини, ланцюг);
- роторні живильники (лопатеве колесо);
- гвинтові живильники (черв'яки);
- тарілчасті (скребки, ножі, плужкові скидачі).

Приводи робочих органів можуть бути електричної, пневматичної та гідравлічної дії. При серійному виробництві в якості привода переважно використовують електродвигуни.

Основні типи живильників з механічним приводом показані на рис.1.12.

Тарілчасті живильники (рис.1.12а) використовують переважно для порошкових матеріалів. Матеріал з бункера 2 поступає на горизонтальний диск 1, що обертається, а ніж 3 переміщується перпендикулярно до осі диска і скидає матеріал в необхідній кількості. Переміщення ножа S_i найбільше впливає на витрати матеріалу, але кількість матеріалу, що скидається в одиницю часу можна змінювати варіюванням швидкості w обертання диска та переміщуючи манжету 5.

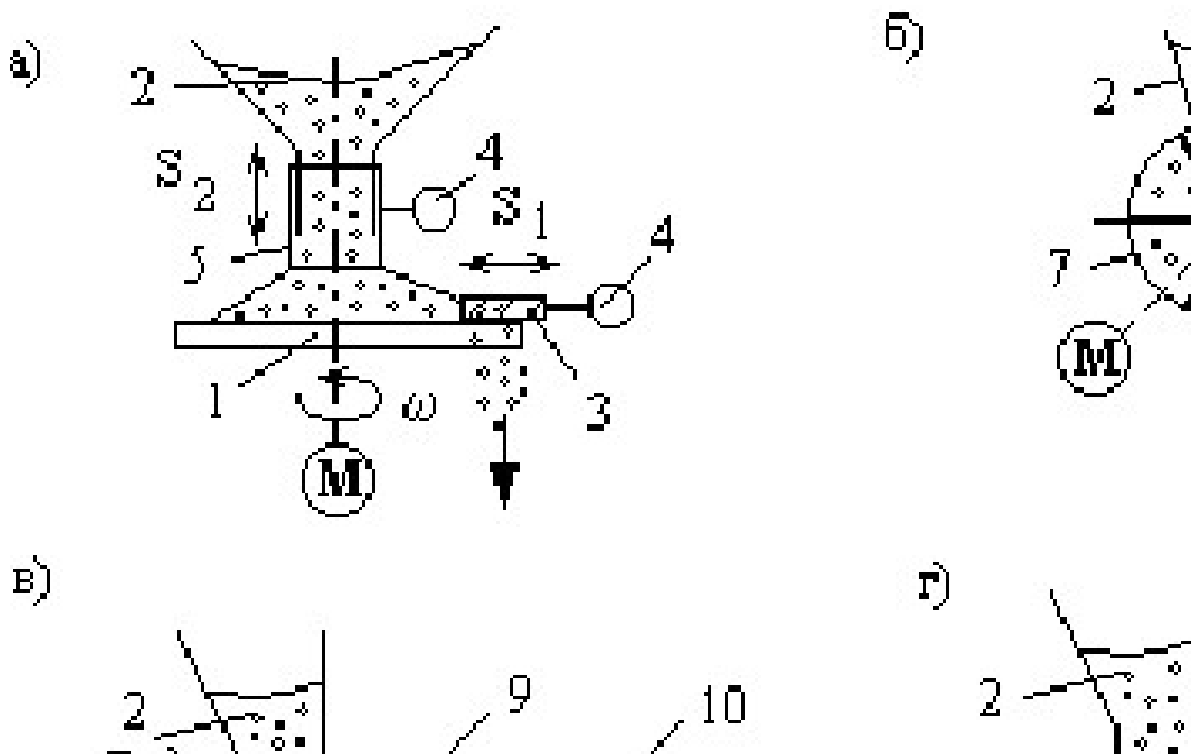


Рис.1.12 –Типи механічних живильників

а) – тарілчастий; б) – роторний (секторний); в) – гвинтовий (шнековий); г) – стрічковий

1– диск, що обертається; 2–бункер; 3–плужковий скидач; 4–виконавчий механізм; 5–манжета; 6–лопатеве колесо; 7–корпус; 8–розвантажувальний отвір; 9–шнек;10–зворотні лопаті; 11–вертикальний шибер;12–рама

До недоліків тарілчастих живильників відносять наявність великої кількості деталей, що контактують з матеріалом та відсутність повної герметичності. Шнекові живильники (Рис.1.12в) забезпечують кращу герметичність до довкілля, а також можуть використовуватись для полімерних відходів (плівки) та в'язких речовин.

Теоретично об'ємні витрати матеріалу для шнекового живильника визначають за формулою (1.6).

$$Q_M = 0,25\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot s \cdot \gamma \quad (1.6)$$

де D – діаметр шнека, м; d – діаметр осердя шнека, м; s – крок лопатей, м
 $\gamma=0,2\dots0,4$ – коефіцієнт заповнення.

На практиці розрахунок масової витрати матеріалу для шнекового живильника ускладнюється тим, що щільність матеріалу в процесі роботи підвищується, а її точне значення важко встановити.

Шнеки живильника оснащують відбійними лопатями для перешкодження забиттю камер зі сторони розвантажувального торця; Також для запобігання спресовування матеріалу збільшують крок черв'яка у напрямку його просування.

Управляти об'ємною витратою шнекового живильника можливо за рахунок зміни швидкості обертання черв'яка.

Управління швидкістю обертання черв'яка живильника можна проводити різними способами:

- за допомогою асинхронних двигунів з фазним ротором;
- за допомогою двигунів постійного струму;
- за допомогою регулювальних муфт;
- із застосуванням механічних варіаторів;
- використовуючи систему «генератор-двигун»;
- з використанням перетворювачів частоти електричного сигналу.

В сучасному виробництві для регулювання швидкості переважно використовують частотні перетворювачі, які змінюють в широкому діапазоні вихідну напругу (MENTOR II) і частоту (АП140, Varispeed F7).

Перетворювач частоти Varispeed F7 фірми YASAKAVA ELECTRIC CORPORATION призначений для керування швидкістю живильників, транспортерів, конвеєрів, підйомно-транспортних машин та механізмів обладнаних асинхронним приводом (рис.1.13).

В перетворювачах електричний сигнал змінного струму, що надходить від мережі випрямляється та стабілізується і пропускається через фільтр низьких частот, а потім знову перетворюється на сигнал змінного струму заданої напруги та частоти. В блоці інвертора вбудовані потужні силові транзистори, що забезпечує діапазон потужності від 0.4 до 300 кВт.



Рис.1.13– Загальний вигляд перетворювача частоти Varispeed F7

Перетворювач має можливість одночасного керування декількома електродвигунами. Програмне забезпечення перетворювача створює різні конфігурації користувача. Пристрій простий та надійний в роботі і вимагає лише робочого стану асинхронних двигунів.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА

2.1 Розробка комбінованої схеми завантаження екструдера

Система завантаження екструзійної машини сировиною відіграє особливо важливу роль в протіканні процесу екструзії. Сировина повинна надходити до екструзійної машини стабільно і безперервно (без пульсацій) так як надійна робота живильника забезпечує високу якість виробу та продуктивність процесу. Якщо вдосконалити та автоматизувати систему завантаження екструдера то в оператора з'явиться можливість обслуговувати декілька екструзійних машин одночасно. Така модернізація живильника дасть відчутний ефект.

З метою вдосконалення системи завантаження екструзійної машини запропоновано «адаптивну» комбіновану схему з датчиками рівня сировини та з живленням електродвигуна привода із використанням частотного перетворювача з векторним керуванням від мікроконтролера.

Комбіновану схему удосконаленої системи живлення екструзійної машини представлено на рис. 2.1.

Система живлення складається з екструзійної машини 1, робочого бункера 2 з вмонтованими датчиками рівня матеріалу (D_3 нижнього та D_2 верхнього рівня), шнекового живильника 3, електропривода 4, основного бункера 5 з датчиком нижнього рівня сипкого матеріалу D_1 . Привід 4 шнека живильника 3 складається з асинхронного електродвигуна та черв'ячного редуктора і має можливість змінювати частоту обертання в залежності від сигналів, що надходять з датчиків рівня на контролер.

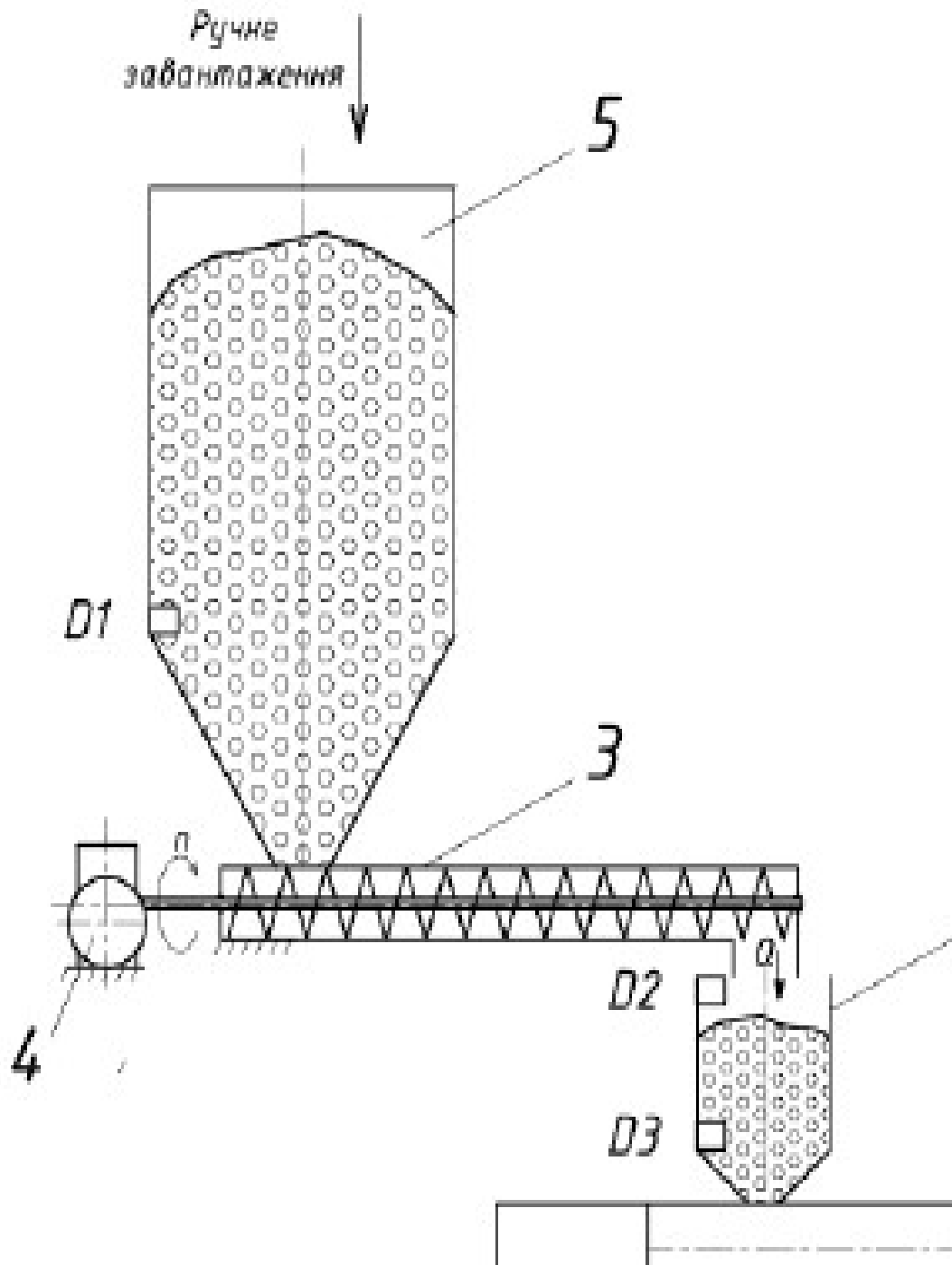


Рис.2.1 – Схема системи живлення екструзійної машини

1– екструзійна машина; 2– бункер екструзійної машини; 3 – шнековий живильник; 4 – електропривід шнека живильника; 5–основний великий бункер;

D_1 – оптичний датчик (нижнього рівня) основного бункера; D_2 – оптичний датчик верхнього рівня бункера екструзійної машини; D_3 – оптичний датчик нижнього рівня бункера екструзійної машини; n – частота обертання черв'яка живильника; Q – об'ємна продуктивність живильника.

2.2 Структурна схема системи живлення полімерною сировиною екструзійної машини

Основним елементом структурної схеми (рис.2.2) є мікроконтролер, що керує робочими процесами екструзійної лінії:

- керування температурним режимом екструзійного процесу (режими нагрівання та охолодження зон циліндра екструдера та формуючої головки);
- контроль та керування швидкісного режиму відведення екструдованого профілю з зони екструзії;
- керування швидкістю обертання черв'яка екструзійної машини та живильника;
- обробка сигналів з датчиків та коригування параметрів процесів живлення;
- керування аварійними процесами.

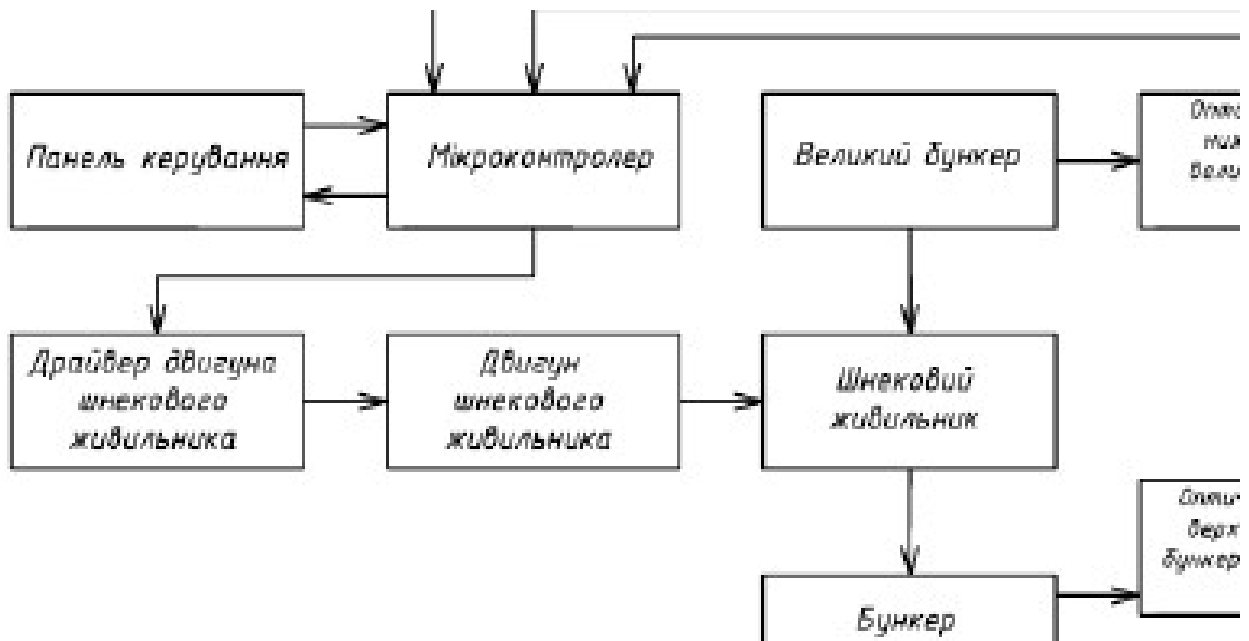


Рис.2.2 – Структурно-логічна схема системи живлення екструзійної машини

Мікроконтролер аналізує сигнали з бункерних датчиків рівнів (D_1 , D_2 , D_3) та надає відповідні команди на приводний електродвигун шнекового

живильника. Таким чином регулюється швидкість обертання черв'яка живильника в залежності від продуктивності процесу екструзії та використаного полімерного матеріалу.

2.3 Побудова алгоритму роботи системи живлення екструзійної машини

Для написання керуючої програми мікроконтролера системи завантаження (шнековий живильник) екструзійної машини було розроблено алгоритм її роботи (рис.2.3).

Відповідно до побудованого алгоритму система живлення екструзійної машини працює наступним чином:

1. Вмикаємо на пульті керування живлення всіх блоків екструзійної лінії.
2. Згідно програми керування мікроконтролер опрацьовує сигнали всіх датчиків рівня, що вмонтовані в бункерах. Якщо сигнал, що надходить з датчика великого бункера $D_1=0$ (бункер завантажений матеріалом), а якщо $D_1=1$ (бункер не завантажений матеріалом), то мікроконтролер подає команду на увімкнення звукового та світлового сигналу для оператора про необхідність наповнення бункера матеріалом.
3. Під час роботи екструзійної лінії мікропроцесор постійно моніторить сигнал з датчика наповнення D_3 робочого бункера. Якщо $D_3=1$, тобто рівень матеріалу в бункері не достатній, то мікроконтролер подає команду увімкнути двигун шнекового живильника і наповнити бункер матеріалом.
4. Процес завантаження робочого бункера продовжується до тих пір поки датчик верхнього рівня не надішле сигнал $D_2=0$. і мікроконтролер подасть команду на вимкнення електропривода шнекового живильника.
5. Моніторинг стану сигналів з датчиків проводиться мікропроцесором постійно чим забезпечується стабільне і безперебійне протікання процесу живлення екструзійної лінії.

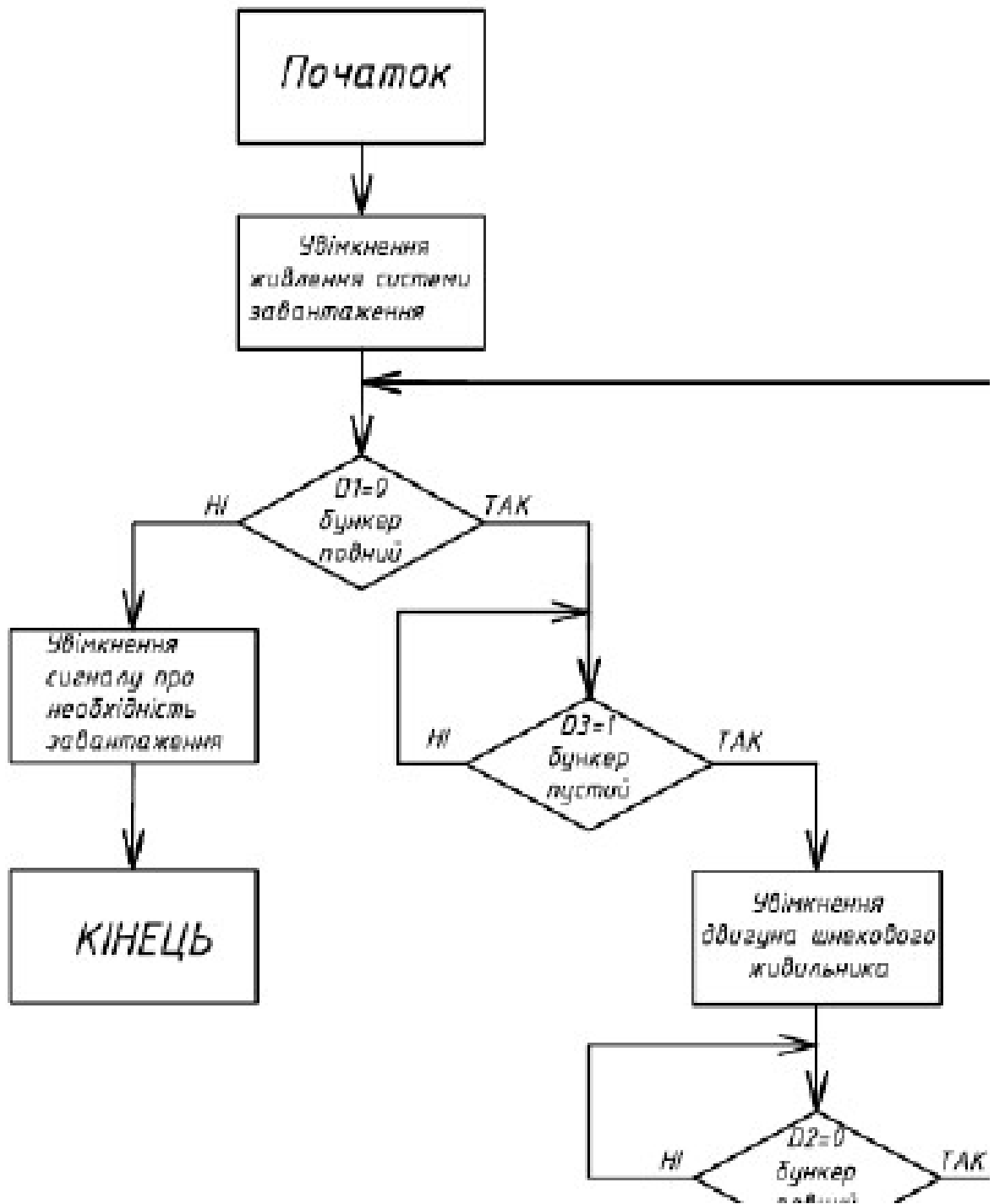


Рис. 2.3 – Блок-схема алгоритму роботи системи живлення екструзійної машини

2.4 Принцип роботи оптичних датчиків

Оптичні безконтактні датчики працюють за принципом випромінювач та приймач. Один функціональний блок випромінює, а інший приймає (рис.2.4).

Випромінювач складається з генератора електричних імпульсів та випромінювача інфрачервоного або оптичного діапазону і індикатора, що вказує на наявність напруги живлення на випромінювачі.

Приймач за допомогою фото транзистора сприймає випромінювання та перетворює його в електричний сигнал, а тригер формує необхідну крутизну фронту сигналу перемикання. Підсилювач на потужних транзисторах підвищує амплітуду вихідного сигналу. Світлодіодний індикатор забезпечує контроль працездатності.

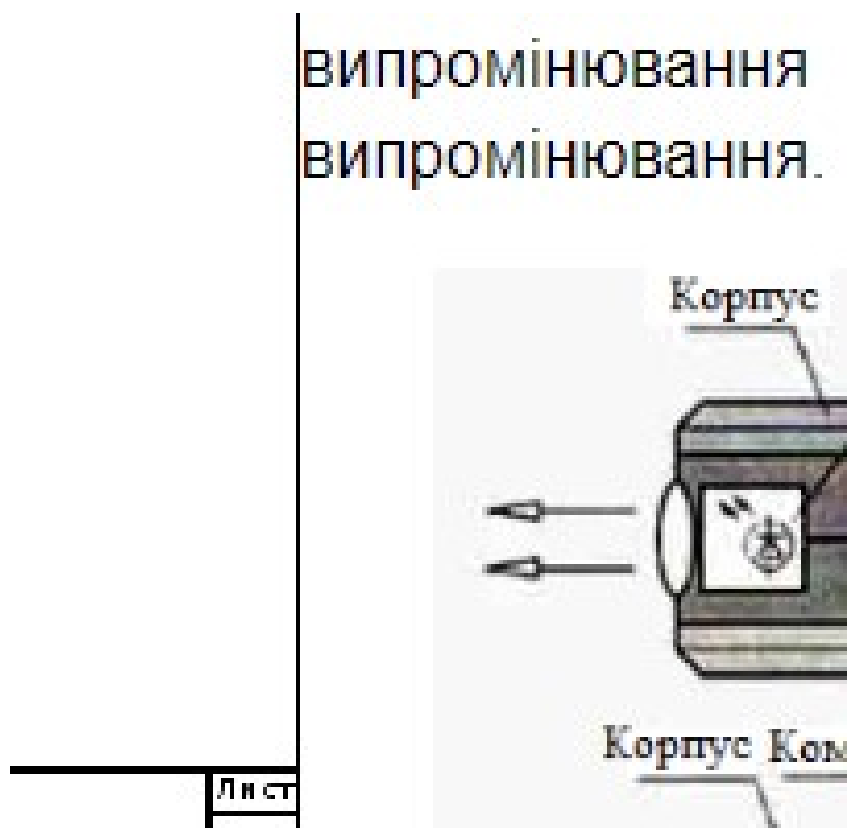


Рис.2.4 – Схема випромінювача та приймача оптичного датчика

Датчики монтують у спеціальний корпус та заливають компаундом для забезпечення захисту від пилу, вологи та механічних пошкоджень.

Розрізняють три основні типи оптичних датчиків:

1. Моноблочний датчик, складається з випромінювача і приймача розміщених в одному корпусі при цьому приймач приймає розсіяний промінь джерела випромінювання відбитий від керуючого об'єкта (рис.2.5). В якості керуючого об'єкта використовують металеву темно-сіру пластинку розміром 100x100мм з матовою поверхнею. Відстань впливу у таких датчиків до 1000мм. Регулюванням чутливості приймача усувають вплив сторонніх фонових об'єктів.

має темно-сіру матову пове
трацездатність, вимикачі забе:

Рис. 2.5 – Спрощена схема моноблочного оптичного датчика

2. Моноблочний поляризований (рис. 2.6) оснащений катафотом, що розміщують нерухомо і датчик спрацьовує на перетин керуючим об'єктом променя відбитого тільки від катафота.

ТОМ.

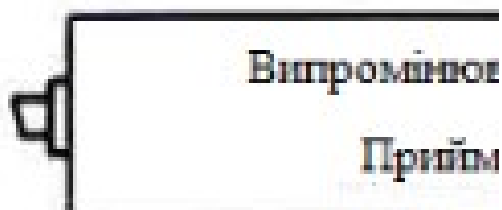


Рис.2.6 – Спрощена схема моноблочного поляризованого оптичного датчика

Максимальна дистанція спрацьовування визначається як відстань між приймачем та катафотом.

Двоблочний (рис. 2.7) випромінювач і приймач розміщені навпроти в окремих корпусах. Датчик спрацьовує на будь-який предмет, що перетнув промінь від випромінювача до приймача.

Максимальна відстань спрацьовування датчика може досягати 16м.

Синхронізатор, що дозволяє пр



Рис.2.7 – Спрощена схема двоблочного оптичного датчика

Двоблочні датчики добре спрацьовують при сильному освітленні так як оснащенні імпульсним синхронізатором.

Оптичні датчики бар'єрного типу (рис.2.8) встановлюють на робочій відстані один навпроти одного.

Схема двоблочного датчика бар'єрного типу

Датчики бар'єрного типу

Випромінювач

Об'єкт

Рис.2.8 – Функціональна схема датчика бар'єрного типу

У рефлекторних датчиках навпроти встановлюють рефлектор, а випромінювач і приймач монтуєть в один корпус. Промінь з випромінювача проходить через робочий простір і відбивається від рефлектора та вловлюється приймачем датчика . Застосування лазерних діодів та поляризаційних фільтрів дає можливість досягти значної відстані спрацьовування і покращити виявлення об'єктів.

Рефлекторні оптичні датчики



Рис. 2.9 – Функціональна схема рефлекторного датчика

Дифузійні світловідбиваючі оптичні датчики (рис.2.10) мають змінну чутливість, яку регулюють за допомогою оберտального потенціометра, що дозволяє виявляти світлий об'єкт на значній відстані.

виявленні ряду об'єктів.

Дифузійний світлов



Рис.2.10 – Функціональна схема дифузійного датчика

До недоліків дифузійних датчиків можна віднести труднощі виявлення дзеркальних предметів з складною геометрією та розпізнавання темних об'єктів на світлому задньому фоні.

Оптичні датчики придушення заднього фону (рис.2.11) використовують для визначення об'єктів на заданій відстані в межах області сканування. Всі об'єкти, що знаходяться за межами зони сканування датчиком не сприймаються.

Ефект придушення переднього фону досягається шляхом спеціального розташування випромінювача та фотоприймача сигналу. Для надійної роботи цих датчиків потрібно задній фон робити світлішим за кольором. Датчики з придушенням переднього фону є оптимальним вибором для прозорих та дзеркальних об'єктів, а також для об'єктів, що транспортуються конвеєром на малій відстані.

Оптический датчик придушения

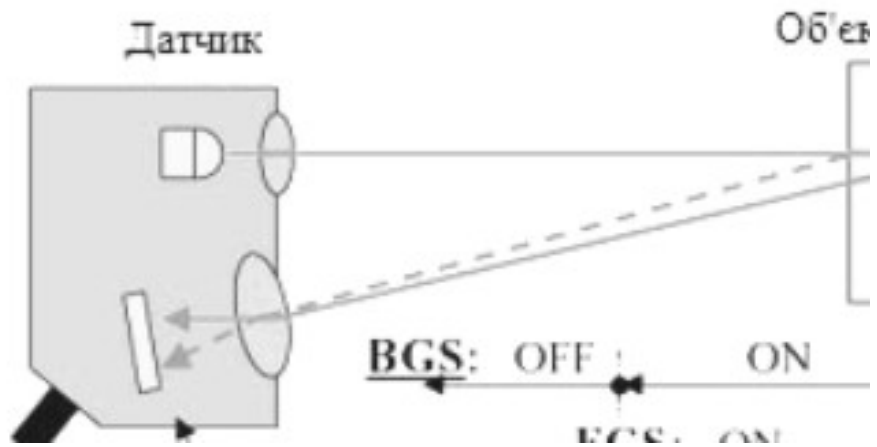


Рис.2.11 Функціональна схема оптичного датчика придушення фону

Оптические датчики зміщення (рис. 2.12) використовують коли потрібно забезпечити максимальну точність вимірювань і високу швидкість обробки даних в діапазоні декількох міліметрів.

Оптические датчики

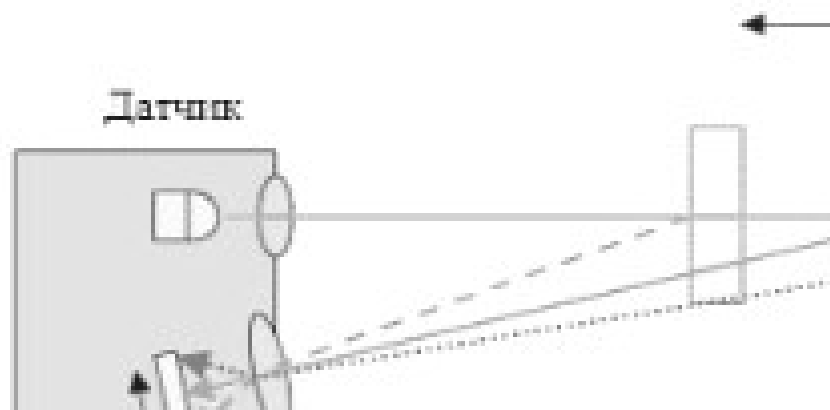


Рис.2.12 Функціональна схема оптичного датчика зміщення

В датчиках зміщення використовують триангуляційний метод вимірювань. Світловий пучок посилається на поверхню об'єкта, а відбиті промені приймає

оптика приймача на світлочутливому елементі. Залежно від положення відбитого променя і визначається відстань до об'єкта.

Існує три типи оптики приймача датчика зміщення(PSD, CMOS, CCD).

До переваг цих датчиків відносять портативність та високу точність вимірювань.

2.5. Конструкційне виконання чутливого елемента оптичного датчика

Для ефективної роботи оптичного датчика потрібно розмістити і закріпити ІЧ світлодіод та фотоелемент у відповідних позиціях, щоб створити чутливий оптичний проміжок. Оптична пара датчика повинна бути захищена від механічних пошкоджень та від випадкових переривань світлового потоку падаючими гранулами матеріалу, які подаються в бункер шнековим живильником. Світловий потік оптичної пари повинен перериватись тоді коли рівень полімерного матеріалу досягне певного значення.

Враховуючи особливості роботи оптичного датчика була запропонована оригінальна конструкція кронштейна для фіксації деталей чутливого елемента (рис. 2.14).

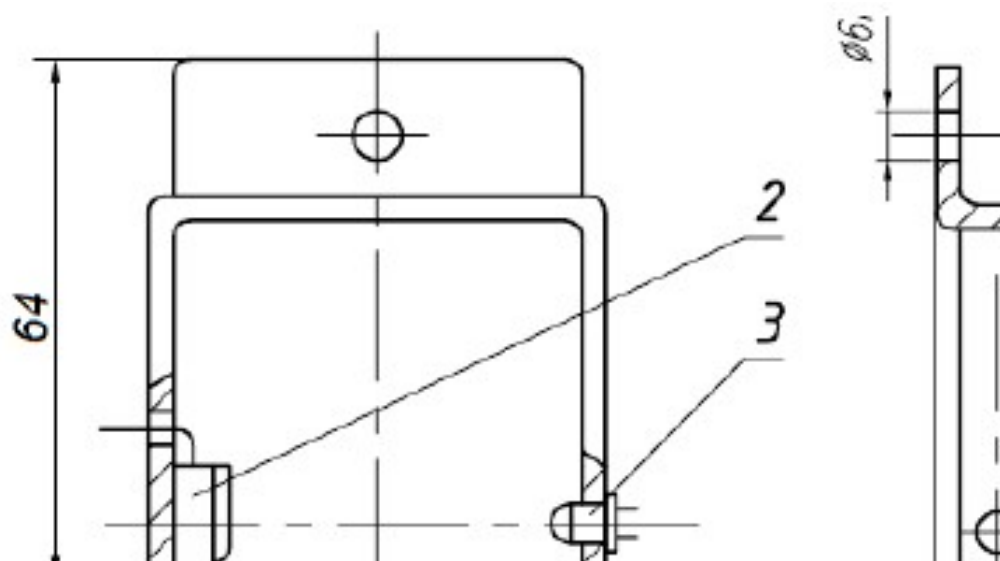


Рис.2.14 – Ескіз кронштейна для кріплення чутливого елемента оптичного датчика

1– кронштейн; 2– ІЧ фотоелемент; 3– ІЧ світлодіод

Кронштейн виготовляють з листового алюмінію товщиною 3 мм. Отвір діаметром 6 мм використовують для кріплення кронштейна до бункера за допомогою гвинтів М6. Інфрачервоний фотоелемент 2 та інфрачервоний світло діод 3 кріплять у відповідних позиціях на кронштейні 1 за допомогою епоксидної смоли. При такому розміщенні чутливого елемента оптичного датчика гранули полімерного матеріалу перекривають оптичний проміжок тільки при наповненні бункера.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ
ЕКСТРУЗІЙНОЇ ЛІНІЇ

3.1 Конструкція та принцип роботи шнекового живильника

Широкого застосування набули шнекові живильники для завантаження полімерним матеріалом екструзійних ліній. Вони надійні в роботі і не вибагливі при ремонті та налаштуванні. Як правило шнекові живильники (рис. 3.1) складаються з таких основних вузлів та деталей: в корпусі 1 встановлюється шнек 2 на підшипникових опорах 3. Сировина завантажується і розвантажується через патрубки 4 з фланцями 5. Обертотий рух шнека забезпечує редуктор 6 та приводний електродвигун 7.

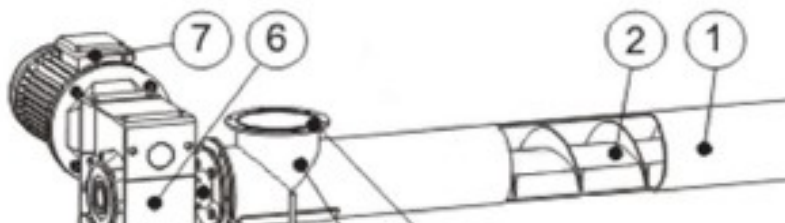


Рис.3.1 – Шнековий живильник для завантаження екструзійної лінії

За рахунок обертання черв'ячного валу живильника, полімерний матеріал (сировина) переміщається від завантажувального вікна до розвантажувального. При транспортуванні сировина постійно переміщується, що дуже важливо при транспортуванні багатокомпонентного полімерного агломерату.

В залежності від розташування приводу черв'яка шнекові живильники поділяють на штовхаючі та тягучі.

В залежності від розташування в просторі черв'яка живильники поділяють на горизонтальні, вертикальні та нахилені(кутонхиленні).

Гвинт живильника виготовляють з лівим або правим напрямком, одно та багатозахідні. Поверхню стрічки черв'яка залежно від умов транспортування та параметрів матеріалу виготовляють суцільної, лопатевої, фасонної форми (рис.3.2).

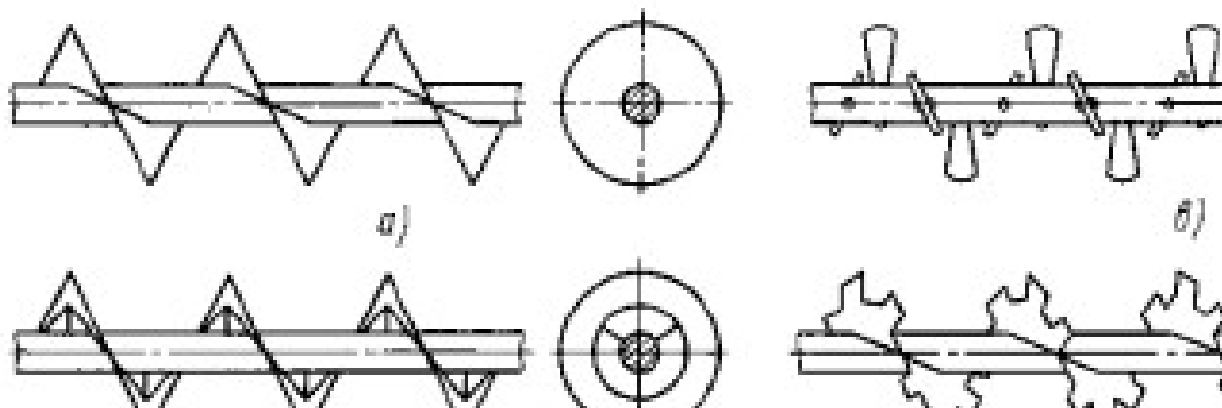


Рис. 3.2 – Типи спіралі черв'яка живильника

а) – суцільний; б) – стрічковий; в) – лопатевий; г) – фасонний

Черв'як з суцільною поверхнею спіралі застосовують при транспортуванні сухого дрібнозернистого та порошкоподібного полімерного матеріалу не схильного до злежування, а стрічкові, фасонні та лопатеві використовують для забезпечення інтенсивного перемішування сировини.

При транспортуванні матеріалу по складній просторовій траєкторії в умовах щільної компоновки технологічного обладнання використовують гнучкі шнеки. Гнучка спіраль шнека дозволяє подавати матеріал по заданій траєкторії без утворення переущільнених ділянок та пробок, що підвищує технологічну мобільність живильника.

3.2 Конструкторсько-технологічні параметри шнекового живильника

Головним критерієм при виборі шнекового живильника виступає транспортований матеріал з його фізичними властивостями (насіпна щільність, багатокомпонентність, розмір частинок, температура, вологість абразивні властивості і т.д.). Властивості матеріалу визначають вид черв'яка, схему роботи

живильника та необхідність використання лопаткового обладнання для покращення умов транспортування.

Важливим параметром є продуктивність так як визначає розміри робочих органів живильника та швидкість їх обертання, а також визначає технічні засоби для автоматичного регулювання процесу завантаження екструзійного обладнання.

Також важливою є відстань від головного бункера до бункера екструзійної машини, кут нахилу живильника та розміри завантажувального і розвантажувального патрубків.

Провівши попередні заміри і розрахунки вибирають діаметр шнека з нормалізованого розмірного ряду (114, 139, 168, 193, 219, 273, 323 мм і т.д.).

Обирають привід обертання гвинта шнека (ремінна або ланцюгова передача, редуктор). Редуктор вибирають з стандартного ряду передавальних відношень (1/5, 1/7, 1/10, 1/15, 1/20 і т.д.). Потужність електродвигуна приводу вибирають з нормалізованого ряду потужностей в діапазоні від 1,5 до 18,5 кВт.

Після отримання всіх параметрів шнекового живильника проводять повторний розрахунок для визначення продуктивності завантажувача в пропонованому виконанні.

3.3 Обґрунтування варіанту модернізації шнекового живильника

За результатами огляду науково-технічної літератури запропоновано живильник оригінальної конструкції (рис.3.3) де шнек ділиться на дві зони (завантаження та транспортування). Зона завантаження матеріалу t_1 має кут нахилу поверхні гвинта φ_1 , а зона основної ділянки t_2 має кут нахилу φ_2 . Між кроками ділянок шнека виконується співвідношення $t_1 \varphi_1 = t_2 \varphi_2$. Тому продуктивність шнекових живильників прямо пропорційна кроку спіральних поверхонь гвинта і коефіцієнту наповнення жолоба.

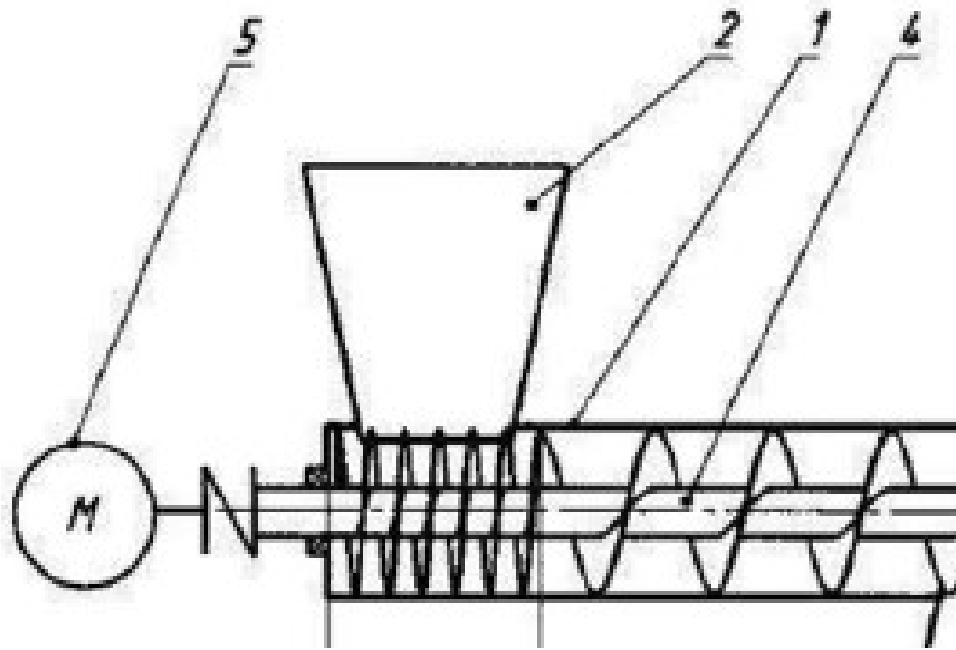


Рис.3.3– Шнековий живильник з різним кроком черв'яка

За рахунок виконання модернізації гвинта живильника забір сировини в зоні завантаження покращується, а в зоні основної ділянки шнека зменшується скупчення матеріалу (матеріал розпушується та краще перемішується), що призводить до зменшення тертя матеріалу об робочі органи живильника тим самим підвищує надійність та довговічність машини.

3.4 Розрахунок геометричних параметрів шнекового живильника

Шнековий живильник використовують для стабільної і рівномірної подачі гранульованих полімерних матеріалів до екструзійної машини. Правильно вибрана конструкція завантажувального живильника та якісний розрахунок геометричних параметрів дозволять забезпечити високу продуктивність процесу екструзійної переробки та якість виробів.

Розрахунок основних параметрів шнекового живильника ведеться для забезпечення процесу екструзійного виробництва поліетиленових труб з використанням лінії ЛТ-90-75/110. Дана лінія призначена для виробництва труб

(діаметром 75–160 мм) з гранульованих полімерів. Труби застосовують в будівельній галузі для водо-газо-енерго-забезпечення.

Продуктивність лінії досягає 200 кг/год. при потужності 190 кВт. Для безперебійної роботи екструзійної лінії об'ємна продуктивність живильника має бути вищою за продуктивність екструзійної машини.

Коефіцієнт ущільнення гранульованого поліетилену після екструзійної переробки:

$$K_{уш} = \frac{\rho_{мон}}{\rho_{гран}}, \quad (3.1)$$

де $\rho_{гран}$ – насипна густина гранульованого матеріалу; де $\rho_{мон}$ – густина матеріалу;

Поліетилен гранули [14] $\rho_{гран}=500\dots550$ кг/м³;

Поліетилен монолітний [14] $\rho_{мон}=900\dots940$ кг/м³.

$$K_{уш} = \frac{940}{500} = 1,88$$

За прототип візьмемо живильник для транспортування гранул поліетилену з продуктивністю 18 м³/год. з частотою обертання шнека $n=1$ об/с, довжиною $L=1,6$ м, з кутом нахилу 0°.

Продуктивність шнекового живильника знаходимо з формули (3.2)

$$Q = 3600 \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \varphi \quad (3.2)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м; d – діаметр осердя шнека, м; S – крок, м; n – число обертів валу, об/с; φ – коефіцієнт заповнення корпусу живильника. При транспортуванні поліетиленової гранули $\varphi = 0,2-0,4$.

Діаметр шнека знайдемо з формули (3.2)

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \cdot \pi \cdot S \cdot n \cdot \psi} + d^2}.$$

Оскільки $D \gg d$, в першому наближенні вважатимемо

$$D \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 18}{\dots}}$$

Діаметр осердя d можна знайти провівши розрахунок валу, що працює на кручення за допустимим напруженням $[\tau_k] = 0,6\sigma_B$

Вал виготовляють зі сталі 40Х, $\sigma_B = 75 \text{ МПа}$.

Розрахунок проводимо за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{T}{0,2 \cdot d^3} \leq [\quad] \quad (3.3)$$

де $\tau_{кр}$ – розрахункове напруження кручення в небезпечному перерізі валу, $\tau_{кр} = 20 \text{ МПа}$; $T = 2000 \text{ Н м}$; d – діаметр валу; $[\tau_{кр}]$ – допустиме напруження кручення.

Звідки , діаметр валу:

визначаємо:

(3.4)

Приймаємо діаметр валу 80 мм.

Розрахунок заготовки сектору шнека розраховують наступним чином:

$$b = 0,5(D_B - d_B),$$

де D_B – зовнішній діаметр шнека, d_B – діаметр штанги, мм.

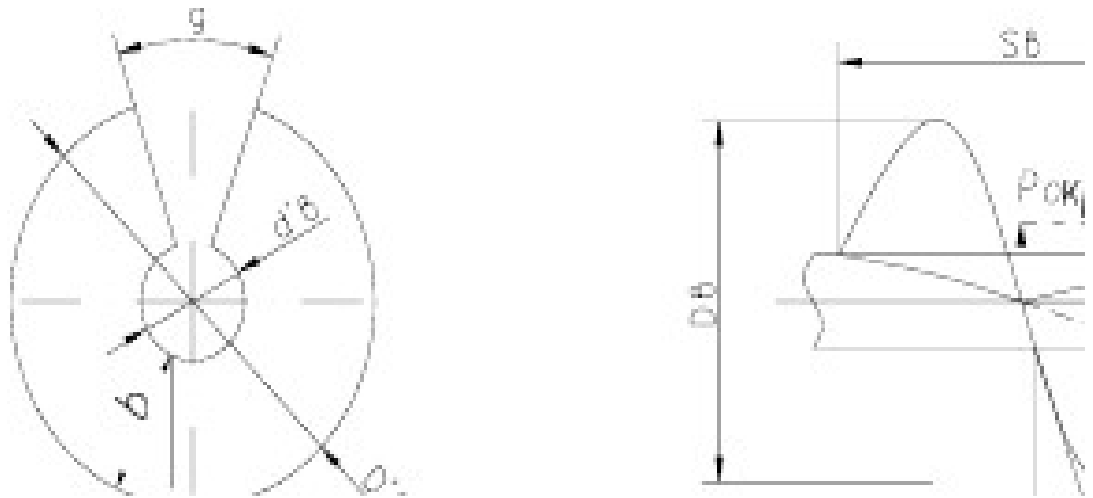


Рис.3.4 – Схема до розрахунку розмірів заготовки шнека

рис. 3.4. Схема до розрахунку розмірі

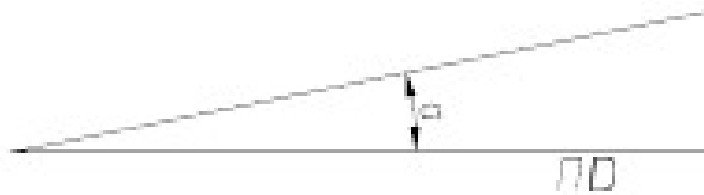


Рис. 3.5 – Залежність кута підйому гвинтової лінії від відстані до осі

де α – кут підйому реборди шнека діаметром D ; Δ – технологічний розріз у заготовці, мм.

$$(3.5)$$

$\Delta = S_B \cdot \tan \alpha$

де S_B – крок шнека, мм.

$$\frac{\pi d_s}{\pi d'} = \pi d' - 0,5 d' \Delta = d \quad (3.6)$$

де β – кут підйому лінії на трубі діаметром d .

руої діаметр

$$(3.7)$$

Спільне рішення цих рівнянь виглядає наступним чином:

х рівнянь приводи

$$D_a = \frac{2b \frac{L}{c}}{\frac{D_a}{d_a}}$$

(

Крок шнека обчислюється за формулою:

$$S_a = \xi \cdot D_a, \tag{3.8}$$

$$d_a' = D_a' - 2b$$

Крок шнека обчислюється за формулою:

$$S_a = \xi \cdot D_a,$$

де $\xi = 0,7 \dots 0,8$.

Тоді

$$c = 0,9 \cdot 200 = 180 \text{ мм}$$

$$D = \frac{2 \cdot 60 \frac{200 \cdot \cos(32)}{80 \cdot \cos(14)}}{\frac{200 \cdot \cos(32)}{80 \cdot \cos(14)} - 1} =$$

У запропонованій конструкції живильника екструзійної лінії проектуємо змінний крок навивки шнека, збільшуючи його значення у напрямку вивантаження матеріалу, для забезпечення кращої роботи та уникнення явища ущільнення полімерного матеріалу між витками шнека.

Згідно ДСТУ 2037:2014 рекомендований кут нахилу витка лежить в межах 34...42°, приймаємо 40°.

Внутрішній діаметр витка шнека d розраховуємо відносно зовнішнього за формулою:

Зовнішній діаметр шнека D розрахований, розраховується витка шнека за формулою (3.9)

Отже діаметр отвору заготовки сектору шнека в недеформованому стані складає 100 мм.

3.5 Розрахунок потужності електродвигуна приводу

Необхідна потужність двигуна при транспортуванні полімерного матеріалу розраховується за формулою:

$$N = \frac{n \cdot Q}{\eta \cdot 1000} \quad (3.10)$$

$$N = \frac{2 \cdot 36}{1 \cdot 6 \cdot 13 + 0} =$$

Розрахункова потужність електродвигуна $N = 4 \cdot 0.8 = 5$ кВт.

Обираємо трифазний асинхронний двигун моделі ТА132S потужністю 5,5 кВт з частотою обертання ротора 1420 об/хв.

3.6 Розрахунок на міцність вала живильника

Вихідні дані: $D=0.2$ м; $L=1,6$ м; $d=0,08$ м; $d_0=0,1$ м; необхідна, передана потужність $N= 4$ кВт.

Схему епюр навантаження шнека представлено на рис. 3.6.

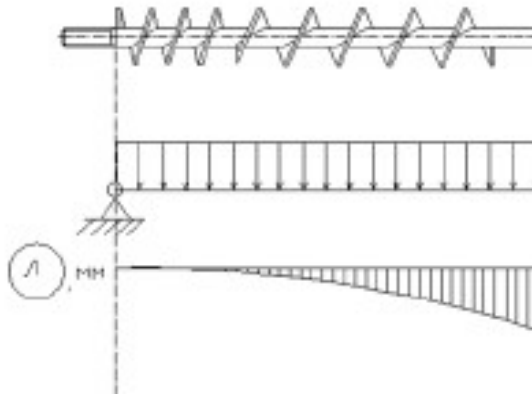


Рис. 3.5 – Схема епюр навантаження шнека

На шнек діє сила P_{oc} , крутний момент $M_{кр}$ та навантаження від дії власної ваги гвинта q . Сили P_{oc} та q викликають прогин шнека f .

Максимальний обертаючий момент, що діє на шнек визначають:

на шнек діє сила T_{oc} , крут

навантаження q від дії власної ваги і

(3.11)

Осьова сила, що діє на шнек:

Визначимо максимальний оберт

(3.12)

де φ – кут нахилу гвинтової лінії шнека; D – діаметр шнека.

Сила від власної ваги черв'яка:

Осьова сила, що діє на шнек:

$$T_{oc} = \frac{2M_{кр.мак}}{D} \operatorname{tg}\varphi = \frac{2 \cdot 324,53}{0,2} \operatorname{tg}40 = 3723 \text{ Н.} \quad (3.13)$$

Розподілене навантаження від власної ваги:

(3.14)

661,7

Полярний момент інерції:

$$I_p [16]: \quad (3.15)$$

де d – діаметр осердя; a – відношення діаметрів.

де d – діаметр осердя

Тоді:

$$\frac{d}{d_s} = \frac{0,08}{0,1} = 0,8.$$

Площа небезпечного перерізу:

$$\frac{-0,8^3}{4} = 118,6 \cdot 10^{-8} \quad (3.16)$$

Площа небезпечного перетину

Радіус інерції:

$$(3.17)$$

$$I = \frac{118,6 \cdot 10^{-8}}{4} = 29,65 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Радіус інерції [16]:

Ступінь жорсткості черв'яка:

$$(3.18)$$

$$i = \sqrt{118,6 \cdot 10^{-8}} = 6$$

Полярний момент опору визначається:

рв'яка [16]: (3.19)

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,08^3 (1 - 0,8^3)}{3} = 24,52$$

Дотичні напруження визначаються:

(3.20)

$$\tau = \frac{M}{W}$$

Нормальні напруження:

[16]: (3.21)

Еквівалентні напруження:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{ac}^2 + 4 \cdot \tau^2}. \quad (3.22)$$

$$\sigma_c = \sqrt{0,103^2 + 4 \cdot 13,24^2} = 26,48 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_c} = \frac{850}{26,48} = 32,1. \quad (3.23)$$

$$\sigma_c = \sqrt{0,103^2 + 4 \cdot 13,24^2} = 26,48 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності [16]:

де $\sigma_{max} = 850$ МПа – границя текучості.

$$n = \frac{850}{26,48} = 32,1.$$

де σ_{max} - границя текучості, $\sigma_{max} = 850$ МПа для

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{L_r}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot L_r \right) \cos(kL_r) - \frac{1}{q} \left(\frac{qL_r}{k} - A \right) \sin \right]$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 118,6 \cdot 10^{-8}} \left[\frac{413,5}{0,11^2} \left(\frac{1}{0,11^2} + \frac{1,6}{2} \right) - \frac{1}{0,11} \left(\frac{413,5}{0,11^2} + 31,49 \cdot 1,6 \right) \cos \right]$$

$$\left[\frac{1}{0,11} \left(\frac{413,5 \cdot 1,6}{0,11} - 31,49 \right) \cdot \sin(0,11 \cdot 1,6) \right]$$

$$\delta \leq \delta_{\text{зад}}$$

$\delta_{\text{зад}} = 0,015$ мм з геометрії шнека: $0,00026 \leq 0,015$, що задовільняє умову.

3.7 Розрахунок кроку черв'ячного валу живильника зони завантаження

В ході модернізації живильника, було запропоновано черв'ячний вал розділити на зони і в зоні завантаження зменшити крок для покращеного забору полімерного матеріалу. Щоб забезпечити рівну продуктивність живильника по зонах необхідно щоб виконувалась залежність:

$$S_1 \cdot \psi_1 = S_2 \cdot \psi_2, \quad (3.26)$$

де S_1 – крок гвинта в зоні завантаження; ψ_1 – коефіцієнт заповнення в зоні завантаження. При подачі полімеру під напором $\psi_1 = 1$; S_2 – крок гвинта в зоні головної ділянки, $S_2 = 0,16$ м; ψ_2 – коефіцієнт заповнення в зоні головної ділянки.

Для стабільної роботи живильника коефіцієнт заповнення корпусу живильника ψ_2 має складати $0,12 \dots 0,45$. Для матеріалу, що подається в гвинтовий живильник приймаємо коефіцієнт $\psi_2 = 0,4$. Проведемо розрахунки для визначення кроку гвинта живильника в зоні завантаження, при якому можливо досягнути значення бажаного коефіцієнта ψ_2 .

Таким чином крок гвинта в зоні завантаження живильника розраховуємо:

і подано:

(3.27)

$$s = \frac{0,16 \cdot 0,4}{1} = 0,064$$

Як бачимо, для того щоб забезпечити надійну роботу живильника необхідно крок гвинта в зоні завантаження зменшити до 0,064 м.

3.8 Конструкція модернізованого живильника

На рис. 3.6 відображено принципову схему конструкції гвинтового живильника.

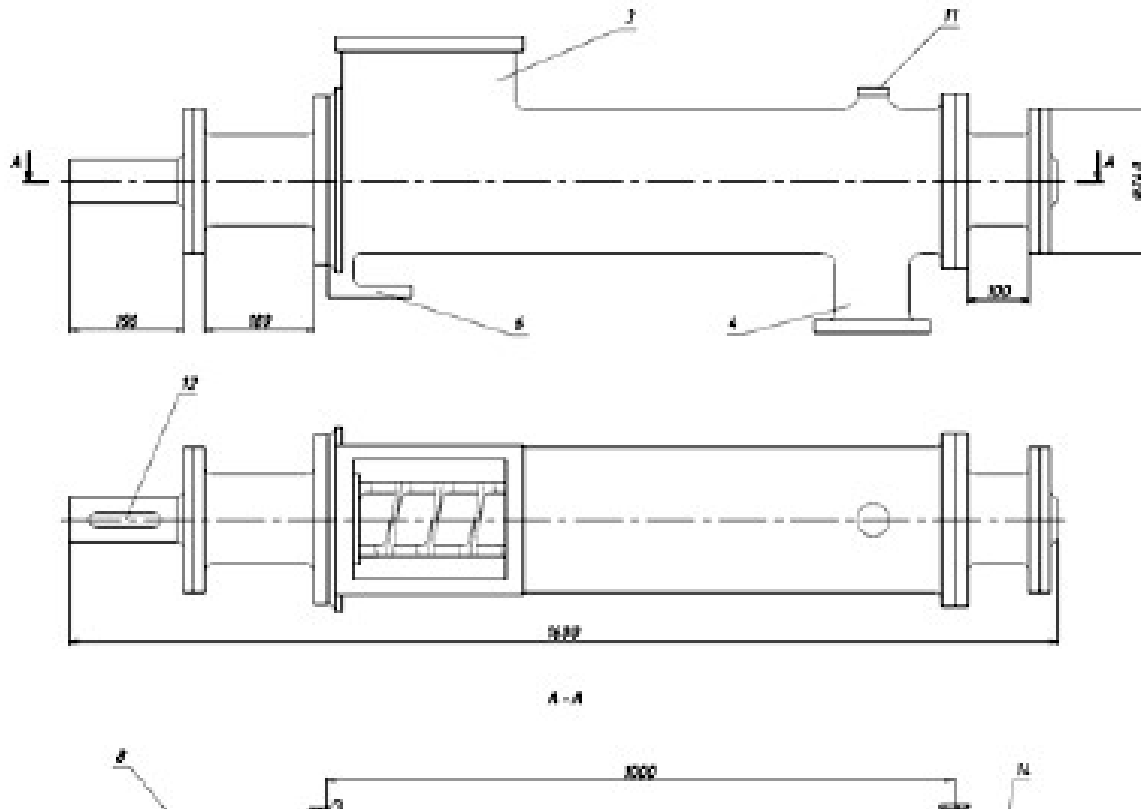


Рис. 3.6 – Принципова схема конструкції гвинтового живильника

1 – корпус; 2 – черв'як; 3 – горловина приймального бункера; 4 – горловина зони вивантаження; 5, 6 – підшипникові опори; 7,8 – кришки підшипника 9 – втулка; 10 – манжета; 11 – пробка; 12 – шпонка; 13 – гвинти; 14 – корпус підшипника

В корпус 1 живильника на підшипникових опорах 5 встановлюється черв'ячний вал 2 закритий кришками 7,8. Сировина наповнює приймальний бункер 3 і при заданому обертанні черв'яка переміщується в напрямку випускного отвору 4. При транспортуванні частинки сировини рухаються по криволінійній траєкторії та за рахунок дії сил тертя перемішуються.

Частота обертання шнека й відповідно подача сировини задається адаптивною системою завдяки сукупності оптичних датчиків та числової системи керування приводами.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Методика по зменшенню рівня небезпеки в технологічному процесі переробки полімерів

Весь колектив цеху екструзійної переробки повинен пройти навчальний курс роботи на обладнанні та інструктаж з питань охорони праці. Забезпечувати безпеку робітників на виробництві це пріоритетний напрямок визначений ООН як «Сталий людський розвиток». До роботи з екструзійним обладнанням допускають лише тих робітників, які пройшли своєчасно медичний огляд та не мають відповідних протипоказань.

При роботі на екструзійному обладнанні працівники знаходяться в небезпечному просторі де можуть виникати чинники небезпечні для життя і здоров'я людини. Небезпеку спричиняють рухомі робочі органи екструзійних ліній, підйомно-транспортних машин, обладнання для завантажування сировини і т.д.). Так при екструзійних процесах нагрівальні елементи корпусу екструдера нагріваються до високих температур (100 ° - 450 °), що може спричинити опік обслуговуючого персоналу. Як правило для зменшення термічних чинників застосовують захисні кожухи та огороження. При роботі з рухомими частинами обладнання керуються вимогами приведеними в ДСТУ 7599-82.

Небезпеку також несуть шуми, вібрації, шкідливі пароутворення та пил, що виникають в процесі роботи екструзійного обладнання. Під час експлуатації екструзійного обладнання передбачають використання засобів загального та індивідуального захисту.

Засоби загального захисту:

- вентиляційне обладнання для нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень;
- освітлювальні прилади для освітлення виробничих приміщень і робочих місць;
- засоби захисту від шуму, вібрації та ультразвуку;

- ураження електричним струмом;
- від впливу підвищених і понижених температур, механічних, хімічних, а також біологічних чинників.

Засоби індивідуального захисту:

- ізолюючі костюми;
- засоби захисту органів дихання;
- спеціальний одяг;
- засоби захисту голови, обличчя, очей, органів слуху та рук;
- дерматологічні засоби.

4.2. Електробезпека

Електробезпека це система заходів, що забезпечують захист робітників від небезпечного впливу електричного струму, дуги та електромагнітного поля .

Приміщення де встановлюють екструзійні лінії відносять до II класу електробезпеки. Підвищена вологість, струмопровідні підлоги та струмопровідний пил є електробезпечними. Також підвищена температура обладнання викликає нагрів дротів та оплавлення ізоляції. Для захисту від ураження електричним струмом застосовують захисні огороження (кожухи, кришки, сітки та заземлення), електрообладнання розміщується у спеціальних шафах.

Устаткування має бути заземленим для забезпечення захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом, яке може знаходитись під напругою при пошкодженні ізоляції ($R_{\text{ззз}} < 4 \text{ Ом}$).

Для захисту від ураження електричним струмом робочі місця обладнують спеціальними діелектричними килимами, а інструменти, що використовуються в технологічному процесі виконують з ізольованими ручками.

4.3. Пожежна безпека

Пожежна безпека на виробництві це комплекс заходів із забезпечення безпеки робітників та запобігання виникнення пожежі в цеху, а також створення сприятливих умов для виявлення осередку займання, гасіння та не розповсюдження пожежі.

За пожежною небезпекою виробничі приміщення екструзійної обробки відносяться до категорії Г – помірна пожежонебезпека (негорючі матеріали процес переробки яких супроводжується виділенням тепла).

Заходи щодо усунення можливості пожежі:

- потрібно використовувати тільки справне обладнання;
- обов'язково проводити інструктажі з пожежної безпеки;
- призначити відповідального за пожежну безпеку ;
- по завершенні робіт проводити відключення електроживлення;
- палити цигарки лише в відведених для того місцях;
- обладнати приміщення силовим щитом для миттєвого знеструмлення та вогнегасниками марки ОП-5;
- забезпечити шляхи евакуації, розмістити інструкції з пожежної безпеки і план евакуації.

Вогнегасники повинні утримуватися в справному стані. При пожежі, потрібно викликати пожежну охорону та швидко покинути приміщення.

4.4. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки праці

Робоче середовище, обладнання та діяльність працівників повинно регламентуватись відповідно до нормативно-правових документів.

Заходи з питань безпеки праці:

- вдосконалення технологічних процесів та устаткування;
- забезпечити перехід від ручної праці до механізованої;
- дотримання технологічних режимів екструзійної переробки;

- дотримання техніки безпеки;
- правильна організація робочого місця;
- дотримання режимів праці та відпочинку;
- контроль і дотримання допустимих норм шкідливих речовин в повітрі;
- проведення регулярних медичних оглядів;
- дотримання рівня освітленості в приміщенні, норм опалення та вентиляції;
- забезпечення доступу до системи водопостачання;
- регламентування перерв на обід і на відпочинок;
- обладнання приміщень для відпочинку персоналу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломному проекті «Модернізація конструкції шнекового живильника для екструзійної машини «APF–Мах 8» запропоновано комплекс конструкторсько-технологічних заходів з модернізації системи живлення екструзійної лінії з виробництва полімерних труб.

Розглянуті варіанти статичної інтенсифікації витоку суміші з бункеру та систем автоматизованої подачі сировини.

Запропоновано адаптивну систему контролю й керування процесом живлення полімерною сировиною екструзійної лінії. Розроблено блок-схему алгоритму роботи системи живлення екструзійної машини. Процес керування здійснюється завдяки системи оптичних датчиків рівня сировини та числової системи керування приводами відповідно до визначеного алгоритму.

Запропоновано оригінальну конструкцію кріплення оптичних датчиків.

Проведено розрахунки та проектування елементів конструкції шнекового живильника.

Обґрунтовано конструктивні параметри черв'яка шнекового живильника та визначено межі зміни кроку навивки стрічки черв'яка виходячи з умови не запирання сировини в робочій камері шнекового живильника.

Розроблені заходи з охорони праці на робочому місці та навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О, Височанський В., Лютко В., Михайлов М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник для енергетичних і екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. 225 с.
2. Шнековий прес-екструдер для отримання брикетів: пат. 127064, Україна, МПК 2022.05, а 202007249: заявл.
3. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 152–159.
4. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І.В. Коваленко, В.В. Малинівський. - К.: Інрес: Воля, 2005.
5. Гвинтовий живильник-дозатор: Заявка на винахід № UA 53988 А Україна, МПК B65G 33/24, B65G 33/26/Д.Л. Радик, В.В. Васильків – Опубл. 17.02.2003.
6. Коваленко І.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. / І.В. Коваленко, В.В. Малинівський. - К.: Норіта-плюс, 2007. - 104 с.
7. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasyliv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., & Bober, A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of raw materials in a twin-screw extruder. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. Vol. 14. P. 937–944. <https://doi.org/10.5219/1436>.
8. Іванченко Ф.К. Розрахунки вантажопідйомних та транспортуючих машин: навч. посіб. / Ф.К. Іванченко, В.С. Бондарєв, Н.П. Колесник, В.Я. Барабанов - К.: Вища школа, 1978.

9. Андрійко С.В., Козак І.О. Особливості конструкції гвинтового живильника з еластичними пластинами // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами XI Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 4-5 червня 2020 р.). До: НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського", 2020. С. 50-51.

10. Тихонцов А.М. Наукові засади створення спеціальних видів транспорту для механічних цехів машинобудівних заводів Текст.: Дис. докт. техн. наук Тихонцов А.М. - Дніпродзержинськ, 1981. 14. <https://polymers.com.ua/>

11. Руденко Л. Ф. Леговані сталі та сплави: навч. посібн. /Л.Ф. Руденко, Т.П. Говорун – Суми: СумДУ, 2012. – 171 с.

12. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електронний ресурс] : підр. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, О. І. Букет, Г. С. Васильєв – Електронні текстові дані – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 318 с.

13. Materials science and engineering : an introduction / William D. Callister, Jr.— 7th ed./Printed in the United States of America, 2017. 975 p

14. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом. Інженерія природокористування. 2020. № 3(17). С. 15–22.

15. Bogaert L., Mhemdi H., & Vorobiev E. Residence time distribution and flow pattern modeling of oilseeds in a pilot screw press. Oilseeds & Fats Crops and Lipids. 2020. Vol. 27. article number 65. 2020. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020060>.

16. Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2018. Вип. 190 «Механізація сільськогосподарського виробництва». С. 192–202.

17. Слівна Д. Ю., Євтушенко Н. С.. Напрямок поліпшення стану безпеки праці працівників машинобудівної промисловості / Збірник доповідей XIV

Міжнародної науково-методичної конференції та 149 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 1 – 2 грудня 2022 р., НТУ «ХП», – Харків, 2022. – С.134-136.

18. Писаренко Г. С. та ін. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, О. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. - 2-ге вид., Допов. і перероб. -К.: Вища шк., 2004. – 655 с.: іл. ПЗ4 ISBN 966-642-056-2.

ДОДАТОК А

(Комплект технологічної документації)