

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра механічної інженерії

(повна назва кафедри)

Дипломна магістерська робота

на тему Удосконалення роботехнічного пристрою для завантаження
екструдера

Виконав: студент групи МгПМ-21
Спеціальність 131 Прикладна механіка,
Освітньої програми "Мехатроніка та
робототехніка"

(шифр і назва спеціальності)

Іван СУВОРОВ

Керівник К.Т.Н., доц. 
Юрій КОВАЛЬОВ

(прізвище та ініціали)

Рецензент Сергій ПЛЕНКО

(прізвище та ініціали)



Київ 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет Мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра Механічної інженерії

Спеціальність 131 Прикладна механіка,

Освітня програма "Мехатроніка та робототехніка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МІ

О.П. Манойленко

“ 28 ” листопада 2022 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Суворову Івану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення роботехнічного пристрою для завантаження екструдера

Науковий керівник роботи Ковальов Юрій Адиславович к.т.н., доц.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу « 28 » _____ 2022 року № _

2. Строк подання студентом роботи 10.11.22

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики і типові схеми машин для екструзії термопластичних полімерів

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний огляд за темою дослідження.
2. Розробка удосконаленої роботизовано системи завантаження екструдера.
3. Розробка конструкції шнекового живильника для завантаження екструдера.

6. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Юрій КОВАЛЬОВ, к.т.н., доц.		
Розділ 1	Юрій КОВАЛЬОВ, к.т.н., доц.		
Розділ	Юрій КОВАЛЬОВ, к.т.н., доц.		
Розділ	Юрій КОВАЛЬОВ, к.т.н., доц.		
Висновки	Юрій КОВАЛЬОВ, к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	30.09.2022	З підписом керівника і студента
2	Розділ 1	10.10.2022	З підписом керівника, студента та консультанта
3	Розділ 2	20.10.2022	З підписом керівника, студента та консультанта
4	Розділ 3	25.10.2022	З підписом керівника, студента та консультанта
5	Висновки	27.10.2022	З підписом керівника і студента
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	1.11.2022	З підписом керівника і студента
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедрі для рецензування (за 14 днів до захисту)	4.11.2022	З підписом керівника, студента консультанта, рецензента
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	7.11.2022	З підписом фахівця відділу моніторингу якості підготовки фахівців та аналітичної роботи
9	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	10.11.2022	З підписом завідувача кафедри

Студент

(підпис)

Іван СУВОРОВ

Науковий керівник роботи

(підпис)

Юрій КОВАЛЬОВ

Директор НМЦУПФ

(підпис)

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Суворов І.О. Удосконалення роботехнічного пристрою для завантаження екструдера. – Рукопис.

Дипломна магістерська робота за спеціальністю Спеціальність 131 Прикладна механіка, освітня програма "Прикладна механіка, Машинобудування" – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022 рік.

В магістерській роботі запропоновано роботизовану систему завантаження екструдера для переробки термопластичних полімерних матеріалів у довгомірні вироби. Система завантаження містить великий бункер завантаженої сировиною на цілу робочу зміну. З цього бункера автоматично здійснюється наповнення робочого бункера екструдера за допомогою шнекового живильника. Автоматичний контроль стану наповнення бункерів здійснюється мікроконтролером за допомогою оптичних датчиків рівня сировини в бункерах.

Метою досліджень є розробка системи керування пристроями для періодичного дозування гранульованих полімерних матеріалів і завантаження їх в робочі бункери обмеженої ємності, які можуть бути використані в екструдерах.

Об'єктом дослідження є процес автоматичного керування періодичним завантаженням сипких матеріалів в технологічні машини.

Предметом дослідження є роботизована система завантаження гранульованих полімерів в робочі бункери екструдерів.

В роботі вперше запропоновано пристрій автоматичного керування системою завантаження екструдера на основі мікроконтролера з можливістю програмування алгоритму роботи.

Результати роботи можуть бути використані для створення нових систем керування роботою обладнання для переробки полімерних матеріалів і створення нових конструкцій.

Ключові слова: *екструдер, полімерні гранули, бункер, завантаження, мікроконтролер, оптичні датчики, шнековий живильник.*

SUMMARY

Suvorov I.O. Improvement of the robotic device for loading the extruder. - Manuscript.

Diploma master's degree work after speciality 131 Applied Mechanics, educational program "Applied Mechanics, Mechanical Engineering" - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

In master's degree work is proposed a robotic extruder loading system for processing thermoplastic polymer materials into long-term products. The loading system contains a large hopper loaded with raw materials for an entire working shift. From this hopper, the working hopper of the extruder is automatically filled with the help of a screw feeder. Automatic control of the state of filling of hoppers is carried out by a microcontroller with the help of optical sensors of the level of raw materials in the hoppers.

The purpose of the research is to develop a control system for devices for periodic dosing of granular polymer materials and loading them into working hoppers of limited capacity, which can be used in extruders.

The object of research is the process of automatic control of periodic loading of loose materials into technological machines.

The subject of the research is a robotic system for loading granulated polymers into the working hoppers of extruders.

In the work, for the first time, a device for automatic control of the extruder loading system based on a microcontroller with the possibility of programming the work algorithm is proposed.

The results of the work can be used to create new systems for controlling the operation of equipment for processing polymer materials and creating new structures.

Key words: *extruder, polymer granules, hopper, loading, microcontroller, optical sensors, screw feeder.*

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Екструзія та екструзійні лінії.....	9
1.2. Конструкція а принцип роботи екструдера	11
1.3. Процеси, що відбуваються під час екструзії.....	13
1.4. Особливості статичного стану сипких матеріалів і його вплив на процес завантаження екструдера.....	15
1.5. Закономірності гравітаційного розвантаження бункерів.....	16
1.6. Основні типи механічних живильників.....	21
Висновки по розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ РОБОТИЗОВАНО СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА.....	27
2.1. . Розробка комбінованої схеми системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника.....	27
2.2. Розробка структурної схеми системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника.....	29
2.3. Розробка алгоритму роботи системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника.....	30
2.4. Розробка оптичних датчиків системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника.....	32
2.4.1. Принцип роботи і види оптичних датчиків	32
2.4.2. Принципова схема універсального оптичного датчика на ІЧ променях..	38
2.4.3. Розробка конструкції чутливого елемента оптичного датчика.....	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА	42
3.1. Конструкція шнекового живильника.....	42
3.2. Основні параметри шнекових живильників	44
3.3. Обґрунтування вибору варіанту модернізації шнеку живильника.....	46
3.4. Розрахунки основних геометричних розмірів шнекового живильника.....	47
3.5. Розрахунок потужності електродвигуна.....	51
3.6. Розрахунки шнека живильника на міцність.....	51
3.7. Опис к о н с т р у к ц і ї живильника та принципу дії.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

ВСТУП

Актуальність дослідження обумовлена тим, що завантаження гранульованого полімерного матеріалу в робочий бункер екструдерів переважно здійснюється вручну з мішків виробничими операторами. Ємність робочих бункерів екструдерів є обмеженою через те, що при значній висоті насипної маси матеріалу виникає збільшення статичного тиску в нижніх шарах, а це призводить до утворення склепінь, нерівномірності подачі полімеру в матеріальний циліндр і погіршення якості виробів. Оскільки робочий процес екструзії є безперервним і триває цілу робочу зміну існує необхідність постійного контролю за рівнем наповнення робочих бункерів екструдерів.

В роботі запропоновано роботизовану систему завантаження екструдера для переробки термопластичних полімерних матеріалів у довгомірні вироби (труби, профіль, плівки і т.п.). В роботі запропоновано систему завантаження одного або кількох екструдерів, що містить великий бункер завантажений сировиною на цілу робочу зміну. З цього бункера автоматично здійснюється наповнення робочого бункера екструдера за допомогою шнекового живильника. Автоматичний контроль стану наповнення бункерів здійснюється мікроконтролером за допомогою датчиків рівня сировини.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес автоматичного керування періодичним завантаженням сипких матеріалів в технологічні машини.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є роботизована система завантаження гранульованих полімерів в робочі бункери екструдерів.

Мета і завдання. Метою досліджень є розробка системи керування пристроями для періодичного дозування гранульованих полімерних матеріалів і завантаження їх в робочі бункери обмеженої ємності, які можуть бути використані в екструдерах. Завданням роботи є аналітичне дослідження ефективності застосування систем завантаження екструдерів на основі шнекового живильника і розробка його конструкції та схеми автоматичного керування.

Методи та засоби дослідження. Методологічною і теоретичною основою дослідження служать основні положення теорії автоматичного керування технологічними процесами, проектування транспортуючого обладнання для сипких середовищ та основи розрахунку деталей машин.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. В роботі вперше запропоновано пристрій автоматичного керування системою завантаження екструдера на основі мікроконтролера з можливістю програмування алгоритму роботи.

Практична значимість. Результати роботи можуть бути використані для створення нових систем керування роботою обладнання для переробки полімерних матеріалів і створення нових конструкцій.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Екструзія та екструзійні лінії

Екструзія - метод формування в екструдері виробів або напівфабрикатів необмеженої довжини продавлювання розплаву полімеру через формуючу головку з каналами необхідного профілю. Для цього використовують шнекові або черв'якові екструдери [1].

Виробництво різних видів виробів методом екструзії здійснюється шляхом підготовки розплаву в екструдері та надання екструдату тієї чи іншої форми за допомогою продавлювання через формуючі голівки відповідної конструкції з наступними охолодженням, калібруванням і т. д.

Основним елементом комплексу екструзійного обладнання є екструдер (черв'ячний прес) з формуючої головкою. У екструдері полімерна сировина розплавляється під впливом високої температури, перетворюється в рідкий пластик, а потім подається на формуючу головку. Найбільшою популярністю в сучасній промисловості користуються одно- і двох-черв'ячні механізми, які називаються пресами. Рідше використовуються дискові або поршневі преси.

В якості сировини використовуються гранульовані полімери з різними добавками і присадками, які надають кінцевим виробам необхідні характеристики. Після проходження через екструзійну головку виріб остигає у охолоджуваних стінок калібратора, а потім надходить на лінію для подальшого затвердіння [1].

Екструзійні лінії призначені для випуску довгомірних виробів. Принцип роботи обладнання точно такий, як у звичайних екструдерів для штучних виробів, проте конструкція має деякі відмінності. Комплекс обладнання включає в себе екструдер з пристроєм для завантаження полімерної сировини, формуючу головку і пристрої для охолодження виробів.

За допомогою екструзії здійснюється виготовлення таких видів продукції:

- гладких поліетиленових труб, шлангів, а також гофротруб, оболонкових труб (кожухів), труб нестандартного перетину (рис. 1.1);
- плівки різних видів (рукавні (рис. 1.2), одно-, дво-, багатошарові, термоусадочні, стрейч-плівка та ін);
- профілів різної конфігурації та розміру;
- кабелю різного перетину.

Також існують спеціальні лінії для гранулювання полімерних матеріалів і переробки вторинної сировини. Сучасні екструзійні лінії і екструдери для штучного виготовлення пластмасових предметів – це складні механізми, оснащені технічними рішеннями, що дозволяють максимально ефективно налагодити випуск продукції з мінімальною кількістю браку.

Особливість екструзійної лінії в можливості невинної роботи. Загальна тривалість робочого часу на місяць становить 25...28 діб з урахуванням перерви на технічне обслуговування. Мінімальні простой у виробництві підвищують загальну рентабельність продукції.



Рис. 1.1. Екструзійна лінія для виготовлення труб



Рис. 1.2. Екструзійна лінія для виготовлення рукавної плівки

Цей показник може бути і вище за умови використання складних ліній або їх роботі разом з іншими видами технологічного устаткування, які передбачають проходження кількох технологічних циклів.

1.2. Конструкція а принцип роботи екструдера

Можна виділити такі основні складові елементи екструдера:

- корпус, оснащений резистивною або індукційною системою нагрівання до температури плавлення полімерів, завантажених в екструдер. Нагрівання відбувається під дією спеціальних індукційних струмів Фуко.
- вузол для завантаження сировини в екструдер.
- спеціальний механізм (поршневий, дисковий або шнековий), під дією якого виникає тиск, і сировина переміщається від вузла до насадок для формування.
- фільера, що визначає майбутню форму деталей.

- механічний привід, що приводить в дію механізм створення тиску в екструдері.
- системи підтримки нормальних параметрів технологічного процесу на верстаті.

Основні види екструдерів Залежно від схеми механізму, що створює тиск у верстаті, екструдери бувають:

- одно-шнекові;
- двох-шнекові.

Шнек працює за принципом дії гвинта Архімеда, що застосовується в домашніх м'ясорубках: захоплює сировину і просуває її до отворів. З сировиною в порошковому вигляді одно-шнекові екструдери не справляються. Тоді застосовуються двох-шнекові верстати, де гвинти можуть мати взаємне зачеплення, обертатись паралельно або у зустрічному напрямку, мати пряму форму або форму конуса. Так процес розплавлення та змішування полімерів відбувається більш ефективно.

Залежно від цільового призначення екструдери поділяють на:

- екструдери для виготовлення ПВХ профілю;
- екструдери для виготовлення труб;
- екструдери для виготовлення плівки.

Найбільш простим обладнанням для екструзії є одно-шнековий (одно-черв'ячний) екструдер представлений на рис.1.3. Такі екструдери широко застосовуються для виробництва плівок, листів, труб, профілів як одну зі складових частин ліній-грануляторів і т.д.

Основними елементами екструдера є циліндр 3 (рис.1.3), що обігривається нагрівачами 5, шнек 2 (з охолодженням або без нього), сітки, що розміщуються на решітці, і формуюча головка 6. Залежно від природи полімеру та технологічних режимів переробки застосовуються шнеки різного профілю, зокрема з різним характером зміни глибини h нарізки по довжині шнека (рис. 1.3).

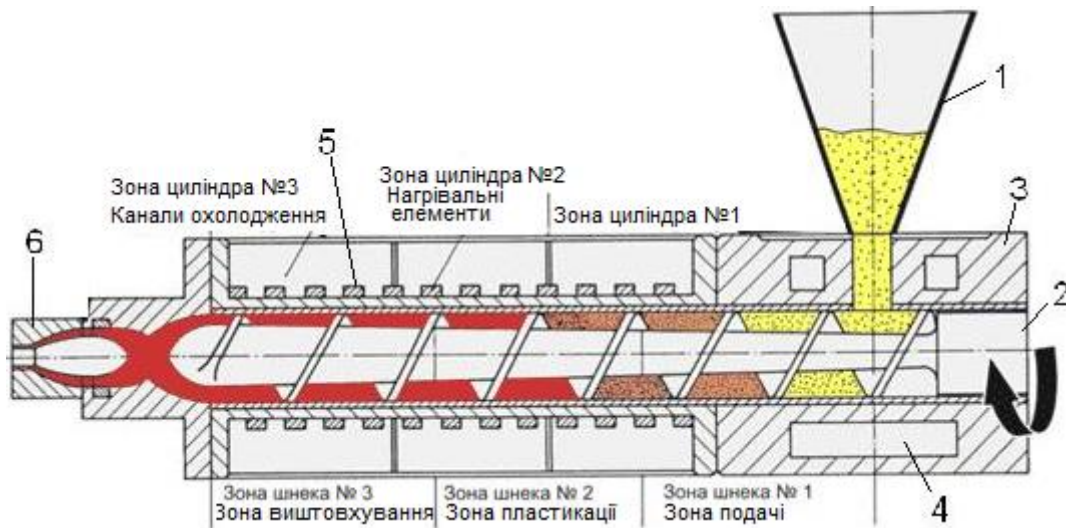


Рис. 1.3. Схема одно-шнекового екструдера: 1 бункер; 2- черв'як (шнек); 3-циліндр; 4- порожнину для циркуляції води; 5- нагрівач; 6 формуюча головка з адаптером

Параметричний ряд вітчизняних екструдерів побудований за діаметрами шнека: $D = 20; 32; 45; 63; 90; 125; 160; 200; 250; 320$ мм. У найменуванні типорозміру преса вказуються D та L/D . Наприклад, ЧП-45х20 означає наступне: ЧП-черв'ячний прес, $D = 45$ мм, $L/D = 20$.

1.3. Процеси, що відбуваються під час екструзії

Технологічний процес екструзії складається з послідовного переміщення матеріалу шнеком, що обертається в його зонах (див. рис. 1.3): живлення (I), пластикації (II), дозування розплаву (III), а потім просування розплаву в каналах формуючої головки.

Розподіл шнека на зони I-III здійснюється за технологічною ознакою і вказує на те, яку операцію переважно виконує ця ділянка шнека. Поділ шнека на зони умовний, оскільки залежно від природи полімеру, що переробляється, температурно-швидкісного режиму процесу та інших факторів початок та закінчення певних операцій можуть зміщуватися вздовж шнека, захоплюючи різні зони або переходячи з однієї ділянки до іншої. Циліндр також має певні довжини зон обігріву. Довжина цих зон визначається розташуванням нагрівачів з його поверхні та його температурою. Межі зон шнека I-III та зон обігріву

циліндра можуть не збігатися. Для забезпечення успішного переміщення матеріалу велике значення мають умови просування твердого матеріалу із завантажувального бункера та заповнення міжвиткового простору, що знаходиться під лійкою бункера.

Розглянемо поведінку матеріалу послідовно кожному етапі екструзії.

Вихідна сировина для екструзії, що подається в бункер, може бути у вигляді порошку, гранул, стрічок. Останній вид сировини характерний для переробки відходів промислового виробництва плівок і здійснюється на спеціальних екструдерах, з примусовими живильниками-дозаторами, що встановлюються в бункерах. Рівномірне дозування матеріалу з бункера забезпечує високу якість екструдату.

Переробка полімеру у вигляді гранул - найкращий варіант живлення екструдера. Це тим, що гранули полімеру менше схильні до "зависання" , утворення пробок у бункері, ніж порошок.

Порошкоподібний матеріал може злежуватися в процесі зберігання та транспортування, у тому числі при проходженні через бункер. Гранульований матеріал, на відміну від порошку, має постійну насипну масу. Завантаження міжвиткового простору під лійкою бункера відбувається на відрізку довжини шнека, що дорівнює $(1 - 1,5)D$. При переробці багатокомпонентних матеріалів для завантаження їх у бункер застосовуються індивідуальні дозатори: шнекові (об'ємні), вібраційні, вагові тощо. Якщо при застосуванні порошкоподібних матеріалів останні мають непостійну сипкість, то в бункерах утворюються "зводи", що зависають на стінках бункера. Живлення шнека матеріалом припиняється. Для усунення цього необхідно в бункер поміщати ворошители. Сипучість матеріалу залежить великою мірою від вологості: що більше вологість, то менше сипкість.

Для збільшення продуктивності машини гранули можна попередньо нагріти. Застосовуючи пристрої для примусової подачі матеріалу з бункера на шнек, також вдається значно підвищити продуктивність машини (в 3-4 рази). При ущільненні матеріалу в міжвитковому просторі шнека витіснене повітря виходить через бункер. Якщо видалення повітря буде неповним, він залишиться

у розплаві і після формування утворює у виробі порожнини. Це брак виробів.

Зміна рівня заповнення бункера матеріалом по висоті впливає на повноту заповнення шнека. Тому бункер має спеціальні автоматичні рівнеміри, за командою яких відбувається завантаження бункера матеріалом до потрібного рівня. Завантаження бункера екструдера здійснюється вручну, або за допомогою пневмотранспорту, або інших живильників.

1.4. Особливості статичного стану сипких матеріалів і його вплив на процес завантаження екструдера

В екструдерах величина вертикального тиску по висоті ємності бункера визначається не тільки висотою шару матеріалу, але і тертям його частинок стінки бункера і між собою. У бункерах найпоширенішого типу – циліндрично-конічних – цей тиск розподіляється так, як показано на рис. 2.1.

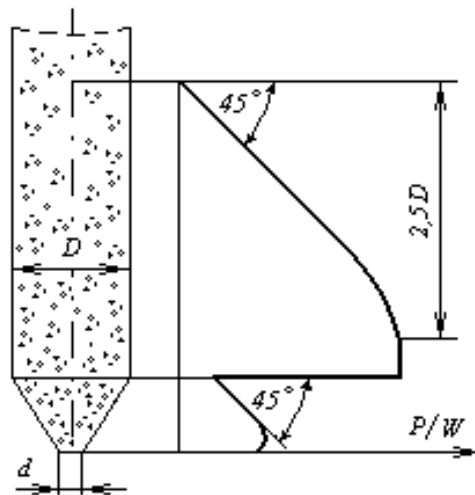


Рис. 2.1. Розподіл вертикального тиску за висотою циліндрично-конічного бункера

Величина тиску на горизонтальний затвор у донному отворі [6]:

$$P = \frac{\rho_n \cdot g \cdot R_{\Gamma}}{f \cdot q},$$

де ρ_n - насипна щільність матеріалу, кг/ м³; f - коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу; q - коефіцієнт рухливості середовища; R_{Γ} - гідравлічний радіус

випускного отвору, м.

Гідравлічний радіус дорівнює відношенню площі отвору до його периметру:

$$R_{\Gamma} = \frac{S_{\text{отв}}}{\Pi}.$$

Величина гідравлічного радіусу характеризує випускні отвори різної форми: розглядаючи гідравлічний радіус, можна наочно оцінити пропускну здатність розвантажувального отвору. Наприклад, витрата через круглий отвір з діаметром d практично збігається з витратою через квадратний отвір зі стороною d . У цьому їх площі різні, а гідравлічні радіуси збігаються.

Для круглого отвору

$$S_{\text{отв}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad R_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \pi \cdot d} = \frac{d}{4}.$$

Для квадратного отвору

$$S_{\text{отв}} = d^2; \quad R_{\Gamma} = \frac{d^2}{4d} = \frac{d}{4}$$

Для практичних розрахунків застосовується формула (11), в яку введено коефіцієнт експлуатації:

$$P = 54,5 \cdot K_E \cdot \rho_n \cdot R_{\Gamma}.$$

Коефіцієнт експлуатації $K_E = 1,0$ для бункерів, що рідко спорожнюються, для бункерів, що частково спорожнюються, $K_E = 1,5$ і для бункерів, що повністю спорожнюються, $K_E = 2,0$.

1.5. Закономірності гравітаційного розвантаження бункерів

Переміщення СМ під дією сили тяжіння використовується в основному для розвантаження проміжних ємностей (бункерів), при порційному (дискретному) дозуванні або транспортуванні по вертикалі вниз на невеликі відстані. Гравітаційне розвантаження бункерів є найбільш природним, але цей процес протікає далеко не однозначно. Можливі два крайні варіанти витоку матеріалу з бункера (рис 2.2): масовий виток та виток через ядро («з

трубоутворенням»). Масовий виток відбувається у тому випадку, коли переміщуються одночасно всі шари матеріалу (рис 2.2а). Такий процес має місце при великих відношеннях площі розвантажувального отвору в днищі бункера до площі поперечного перерізу основної ємності і при перевищенні нахилу куту розвантажувальної (конічної) частини бункера кута природного укосу матеріалу. Виток з утворенням центрального каналу відбувається за протилежних умов: відносно невеликий розвантажувальний отвір і плоске, або з малим кутом нахилу, днище. При цьому частина матеріалу може залишитись у ємності (рис. 2.2б).

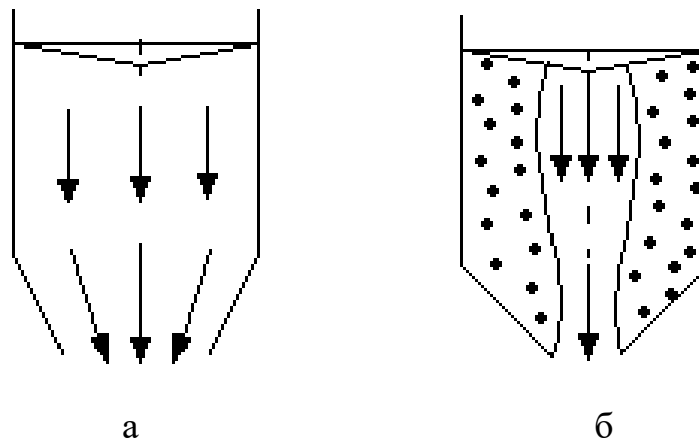


Рис. 2.2. Гравітаційний виток сипкого матеріалу із циліндро-конічного бункера: а - масовий виток б - виток з «трубоутворенням»

Недорозвантаження можливе також за зміни властивостей матеріалу, наприклад, збільшення вологості стосовно регламентної, тобто. такої, на яку розраховані параметри бункера.

У випадку закінчення матеріалу з бункера відбувається за будь-якої проміжної схемою. Рух пристінкових шарів матеріалу відбувається із меншою швидкістю, ніж центральних. При гравітаційному витoku матеріалу над розвантажувальним отвором утворюються т.зв. **динамічні склепіння**, що являють собою шари матеріалу, в яких безперервно відбувається руйнування та відновлення куполоподібних структур. Части, що випали зі склепіння під дією власної ваги, безперервно замінюються новими. Висота динамічного склепіння може бути виражена через величину гідравлічного радіусу. Тоді витрати через випускний отвір можна визначити за формулою:

$$Q = A \cdot S_{ome} \sqrt{2 \cdot g \cdot R_{\Gamma}},$$

де A - коефіцієнт, що залежить від форми та розмірів отвору та властивостей матеріалу.

Отже, витрата залежить від висоти шару СМ над випускним отвором.

За певних умов динамічне склепіння перестає руйнуватися і перетворюється на статичне, тобто. процес витоку матеріалу припиняється. Неповний виток матеріалу може відбуватися у кількох варіантах (рису. 2.3):

- утворення вертикального каналу після скидання центральної частини матеріалу (рис. 2.3а);
- утворення конусної порожнини через прилипання матеріалу до стінок бункера та злипання частинок між собою (рис. 2.3б);
- утворення «містка» (рис. 2.3в) у вузькому перерізі (розвантажувальному каналі);
- утворення склепіння в циліндричній (центральної) частині бункера (рис. 2.3г).

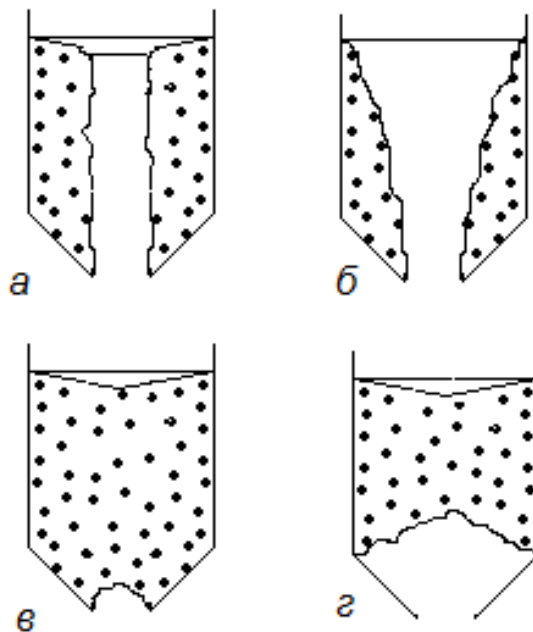


Рис. 2.3 Варіанти неповного випорожнення бункера:

а - центральний канал; б - конусна порожнина; в - "місток"; г - склепіння

Зі сказаного вище випливає, що забезпечити повне спорожнення бункера можна лише за відповідного вибору його геометричних параметрів.

Найпростішими узагальненими критеріями, визначальними геометричні властивості розвантажуваних під впливом сили тяжіння ємностей, є: критерій «витікання – відсутність закінчення»; перевищення кутом розвантажувальної частини бункера кута природного укосу матеріалу, а також формула для розрахунку діаметра (сторони периметра) отвору зведення, зокрема:

$$B_c = \frac{5,2\tau_0}{\rho_H \cdot g(1 - 0,78tg\phi)}$$

У спрощеному варіанті для незв'язних матеріалів пропонується вважати [2] $B_c = (5-7) d_y$, для зв'язкових $B_c = (0,5-1,5)$ м.

Здатність матеріалу утворювати стійкі склепіння може бути використана для створення безклапанних систем, що самозапираються. Для цього в днище ємності виконується одне чи кілька отворів докритичного діаметра, тобто. таких, над якими даний матеріал утворює природне статичне склепіння. При необхідності забезпечити закінчення через отвір матеріал приводять у стан псевдозрідження, наприклад шляхом насичення газом або за допомогою вібрації. Після зняття прикладеного впливу закінчення припиняється.

Методи інтенсифікації витоку СМ при розвантаженні бункерів можна поділити на статичні та динамічні. Статичні методи (рис. 2.4) реалізуються у вигляді різноманітних вставок на межі циліндричної та конічної частин бункера, динамічні - за допомогою аероднища, аеруючих та вібруючих вставок.

Нерухома вставка у вигляді конуса (рис. 2.4а) або іншої об'ємної об'ємної фігури, розташована по осі бункера, запобігає утворенню центрального каналу і розподіляє потік матеріалу вздовж стінок. Найбільший ефект забезпечує вставка двох з'єднаних основами усічених конусів (рис. 2.4б), прикріплена на чотирьох (або більше) тягах до стінок бункера.

Динамічна інтенсифікація здійснюється:

- за допомогою механічних воружників (мішалок) з електроприводом, розміщених у масі матеріалу;
- прикладенням механічних коливальних зусиль до всього бункеру, або до його розвантажувальної частини, за допомогою електродвигунів з неспіввісним валом закріпленням маси (ексцентрикові приводи) або

електромагнітів;

- безпервною або імпульсною подачею повітря через аероднища та сопла.

Перший і другий методи вимагають докладання значних зусиль і можуть призвести (особливо у резонансному режимі) до пошкодження конструкції.

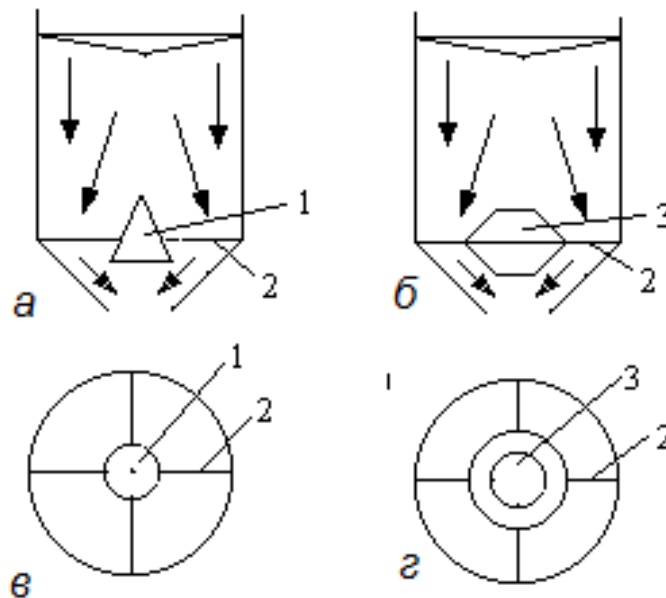


Рис. 2.4. Елементи для статичної інтенсифікації витoku сипкого матеріалу з бункерів: а - вставка - конус; б - вставка - подвійний усічений конус; в, г - вид зверху на вставки (умовно)

Ефективність пневматичної інтенсифікації закінчення зростає, якщо на додаток до аероднища, виконати з повітропроникного матеріалу та подвійний усічений конус (рис. 2.4б). Подача повітря в нього здійснюється по тягах 2, виконаним з порожнистих елементів.

Інтенсифікувати закінчення можна також, розмістивши всередині згаданого конуса вібруючий електромагнітний привід [6]. При цьому, як і у разі пневматичної інтенсифікації, зберігається ефект застосування статичної вставки.

Слід враховувати, що гравітаційне закінчення та відрив матеріалу супроводжуються пульсаціями тиску у шарі [1]. Ці пульсації можуть зіграти як позитивну, і негативну роль. При збігу частоти накладених коливань із власними коливаннями системи виникає резонанс, у результаті, з одного боку,

можна зменшити витрати енергії на вібрацію, з іншого ж – отримати неприпустиме збільшення амплітуди коливань. Позитивні результати (при відповідних обмеженнях амплітуди коливань віброприводу) у цьому плані можуть дати розробки живильників, у яких використовується принцип самосинхронізації коливальних систем [7].

Для повного або часткового перекриття випускних отворів бункерів застосовуються різні затворні конструкції [6, 8]. Деякі їх наведені рис. 2.5.

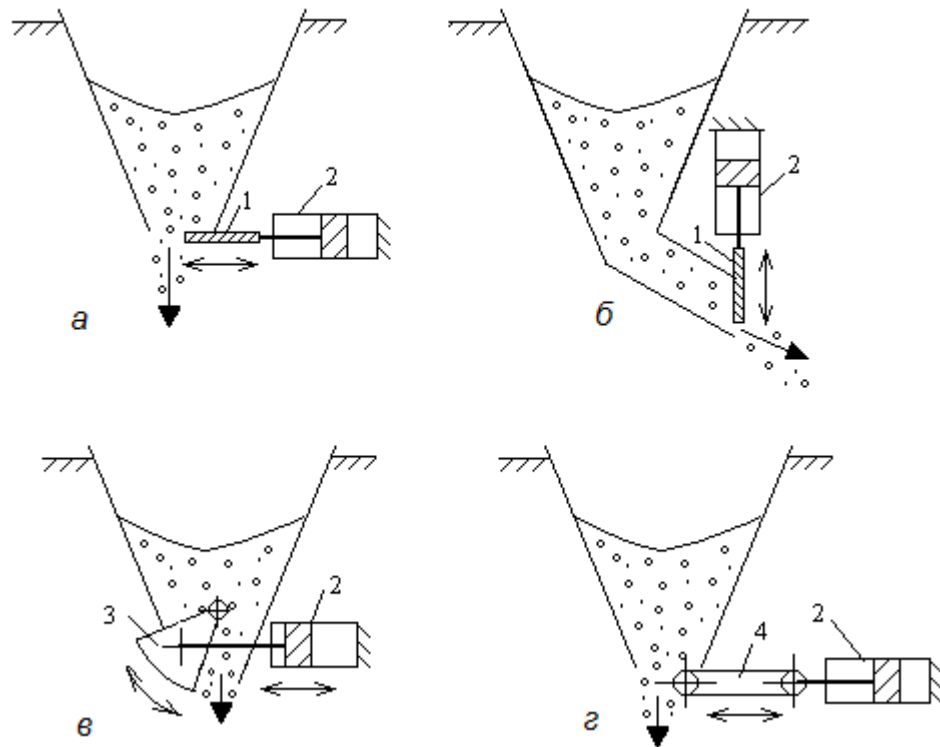


Рис. 2.5. Затвори для бункерних живильників: а - горизонтальний шибер; б - вертикальний шибер; в - секторний затвор; г - затвор з нескінченною стрічкою; 1 - шибер; 2 - пневмопривід; 3 - сектор; 4 - рама з нескінченною стрічкою

1.6. Основні типи механічних живильників

Основні вимоги до керованих живильників та дозаторів для сипких матеріалів, що виконують функції автоматичних систем регулювання можуть бути зведені до наступних:

- мінімальна складність конструкції;
- відсутність (або мінімум) рухомих частин;

- герметичність;
- можливість плавного регулювання витрати у заданому діапазоні;
- лінійність статичних та динамічних характеристик «вхід - вихід».

Механічні живильники, тобто. такі, в яких для переміщення матеріалу використовується зусилля робочого органу, набули в промисловості найбільшого поширення, як для регулювання витрат, так і як пристрої дозування. Класифікувати механічні живильники за видом руху робочого органу не дуже зручно [8], бо у цьому випадку можна виділити тільки дві групи: з поступальним (поворотно-поступальним) та обертальним (поворотно-обертальним) рухом. З цієї класифікації слід виключити вібраційні живильники, в яких амплітуда зворотно-поступального переміщення робочого органу зневажливо мала порівняно з відстанню, що проходить матеріалом. Вібраційні методи управління потоками сипучих матеріалів мають низку специфічних особливостей та потребують окремого розгляду.

Як робочі органи в механічних живильниках з безперервним потоком сипучих матеріалів використовуються:

- нескінченна стрічка (гумова або полімерна смуга; ланцюг, шарнірно з'єднані пластини, металева сітка) - у стрічкових живильниках;
- лопатеве колесо - в секторних (роторних) живильниках;
- шнек (гвинт) - у шнекових (гвинтових) живильниках;
- скребки (ножі, плужкові скидачі) - у стрічкових та тарілчастих живильниках;
- затвори, заслінки - у стрічкових живильниках.

Джерелами механічної енергії для переміщення робочих органів (виконавчими механізмами) можуть бути електро-, гідро- та пневмоприводи. У переважній більшості пристроїв, що серійно випускаються, в якості приводу застосовуються електродвигуни.

На рис. 1.4 показані схеми основних типів живильників із механічним приводом.

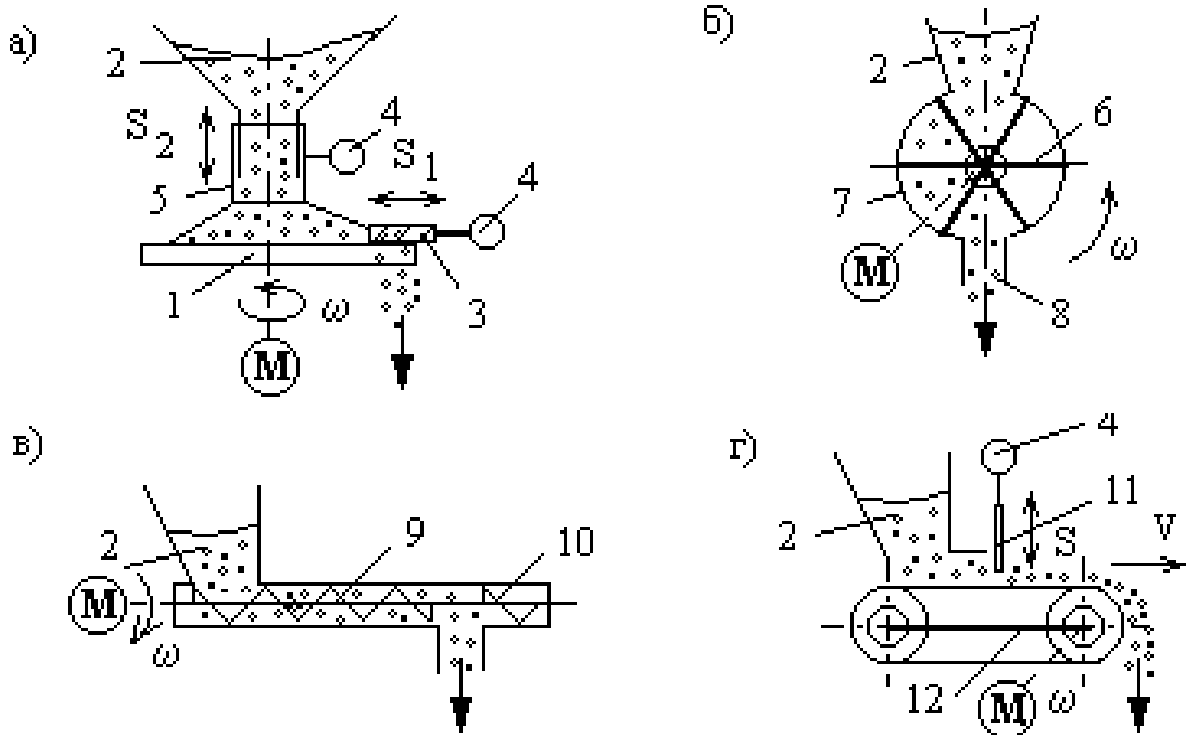


Рис. 1.4. Основні типи механічних живильників: а) - тарілчастий; б) - секторний; в) - шнековий; г) – стрічковий; 1 - диск, що обертається; 2 - видатковий бункер; 3 - плужковий скидач (ніж); 4 - виконавчий механізм; 5 - манжета; 6 - лопатеве колесо; 7 - корпус; 8 - розвантажувальний отвір; 9 - шнек; 10 - зворотні лопаті; 11 - вертикальний шибер; 12 – рама

Для подачі переважно порошкових або дрібнозернистих матеріалів застосовуються тарілчасті живильники (рис. 1.4а). При достатньому розмаїтті конструкцій, для всіх тарілчастих живильників характерна наявність горизонтально розташованого диска, що обертається 1, на який матеріал поступає вільно з видаткового бункера 2.

Скидання матеріалу з диска проводиться робочим органом, в якості якого використовується ніж (плужковий скидач, скребок) 3, що наводиться, в напрямку, перпендикулярному осі обертання диска. Переміщення S_1 ножа є основною дією на витрату матеріалу. Крім того, кількість матеріалу, що скидається в одиницю часу, може змінюватися за рахунок варіювання швидкості ω обертання диска або за рахунок вертикального переміщення S_2 манжети 5. Недоліками тарілчастого живильника є наявність великої кількості

кінематичних пар, що контактують з матеріалом, що переміщається, і неможливість забезпечити повну герметичність пристрою до довкілля.

Шнекові живильники (рисунок 1.4в) за принципом дії аналогічні відповідним пристроям для рідких та в'язких середовищ.

Статична характеристика шнекового живильника каналом управління об'ємною витратою визначається залежністю

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

де D - діаметр лопаті шнека, м; d - діаметр валу, м; s - крок лопатей, м; $\gamma = 0,2 \dots 0,4$ - коефіцієнт заповнення.

Шнекові живильники мають зворотні (відбійні) лопаті, що перешкоджають забиттю камери з боку розвантажувального торця. У деяких випадках, зокрема, при подачі матеріалу в камеру з надлишковим тиском газу в пневмотранспортних системах (див. нижче) і при необхідності забезпечити однорідність гранулометричного складу матеріалу, крок витків шнека роблять зменшується до розвантажувального кінця. Навпаки, якщо необхідно уникнути спресування матеріалу, крок у напрямку переміщення останнього збільшують. Шнекові живильники герметичні та придатні для переміщення матеріалів, що не бояться подрібнення, а також порошків. У цих живильників відзначається значне абразивне знос гвинтів і внутрішніх поверхонь камери, через що ті й інші доводиться виконувати змінними.

Розрахунок масової витрати, створюваного секторними і шнековими живильниками ускладнюється тим, що в цих пристроях щільність матеріалу зазвичай вища за насипну щільність і її точне значення не відомо.

Управління швидкістю обертання шнеку живильника може здійснюватися кількома способами, зокрема:

- за допомогою регульованих приводів постійного струму;
- за допомогою асинхронних двигунів із фазним ротором;
- із застосуванням системи «механічний варіатор – двигун»;
- із застосуванням замкнутої системи «генератор – двигун»;
- з використанням регульованих муфт;
- за допомогою перетворювачів частоти електричного сигналу.

Найбільш доцільним у сучасному виробництві є регулювання швидкості руху за допомогою керованого частотного приводу для двигунів змінного струму та тиристорних підсилювачів для двигунів постійного струму. Ті та інші перетворювачі мають широкі діапазони зміни вихідної напруги. (ЭТОШ [25], Mentor II та інших.) і частоти (вітчизняних АП-140, зарубіжних Varispeed фірми YASAKAVA ELECTRIC CORPORATION, SK/FCT фірми NORD, ФРН та інших.).

Зовнішній вигляд перетворювача частоти серії Varispeed F7 фірми YASAKAVA, призначеного для керування швидкістю асинхронних приводів живильників, конвеєрів та підйомно-транспортних машин показаний на рис. 1.5.

У цих пристроях електричний сигнал змінного струму від мережі випрямляється, стабілізується при проходженні через фільтр низьких частот і знову перетворюється на сигнал змінного струму необхідної напруги та частоти в блоці інвертора, побудованому на потужних (силових) тиристорах. Управління вихідною напругою здійснюється шляхом широтно-імпульсної модуляції сигналу. У перетворювачі реалізований ПД-закон регулювання частоти. Можливе одночасне керування швидкістю кількох електродвигунів. Діапазон потужності – від 0,4 до 300 кВт. Є програмне забезпечення для створення різних конфігурацій користувача, вбудований інтерфейс RS-485 з протоколом Modbus, і Flash-пам'ять. Можлива комплектація додаткових плат зв'язку з протоколами Device Net, ProfiBus DP, InterBus Net, CANopen.



Рис. 1.5 Перетворювач частоти Varispeed F7

При застосуванні асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором частотний спосіб управління має переваги перед іншими методами регулювання швидкості в частині простоти обслуговування (потрібна лише періодична перевірка стану та мастило підшипників) та надійність роботи.

Висновки по розділу 1

1. В результаті аналітичного огляду встановлено, що екструдери і екструзійні лінії дуже широко застосовуються в промисловості для виготовлення різноманітних довгомірних профільних виробів з термопластичних полімерних матеріалів (труби, різні профілі, провідникова продукція, плівки і ін.).

2. Особливістю їх експлуатації є те, що технологічний процес відбувається практично безперервно протягом робочої зміни, що вимагає постійного поповнення робочих бункерів екструдерів полімерною сировиною, або прагнути якомога збільшувати об'єм завантаження цих бункерів.

3. З іншого боку, встановлено, що збільшення об'єму бункерів екструдерів призводить до підвищення насипного тиску в матеріалі, що призводить до погіршення витоку матеріалу, затримок в поданні матеріалу в екструдер, пульсацій продуктивності і як результат – до погіршення якості кінцевих виробів.

4. Існує достатня кількість конструкцій живильників для подібних систем, з яких найбільш придатних для нашого випадку є конструкція на основі подачі сипкого матеріалу шнеком, тобто шнековий живильник.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ РОБОТИЗОВАНО СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА

2.1. Розробка комбінованої схеми системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника

Головні причини, що спонукають до необхідності удосконалення системи завантаження екструдера полягають в наступному:

- процес екструзії є практично безперервним (протягом робочого часу обладнання);
- ємність бункера екструдера обмежена по причині виникнення високого тиску в насипному шарі полімерного сипкого матеріалу, що призводить до утворення склепінь, затримок витоку гранул і до пульсацій в роботі екструдера;
- як правило виникає необхідність періодично обслуговувати кілька екструдерів, які працюють в одному цеху, що потребує від оператора підвищеної уваги.

З метою удосконалення системи завантаження екструдера запропоновано використовувати один бункер великої ємності, який оснащений шнековим живильником для періодичного поповнення рівня матеріалу в одному або кількох малих (робочих) бункерів екструдера (групи машин). Для можливості автоматичної роботи системи завантаження пропонується оснащення робочих бункерів датчиками рівня насипного полімерного матеріалу.

На рис. 2.1 представлено комбіновану схему удосконаленої системи завантаження екструдера.

Система завантаження складається з екструдера 1, робочого бункера екструдера 2, шнекового живильника 3 з електроприводом 4, великого бункера 5.

В бункері 2 встановлені датчики – нижнього рівня матеріалу D3 і верхнього рівня - D2. В великому бункері встановлено тільки датчик нижнього

рівні сипкого матеріалу $D1$, бо верхній рівень оператор може контролювати візуально при наповненні його матеріалом з мішків.

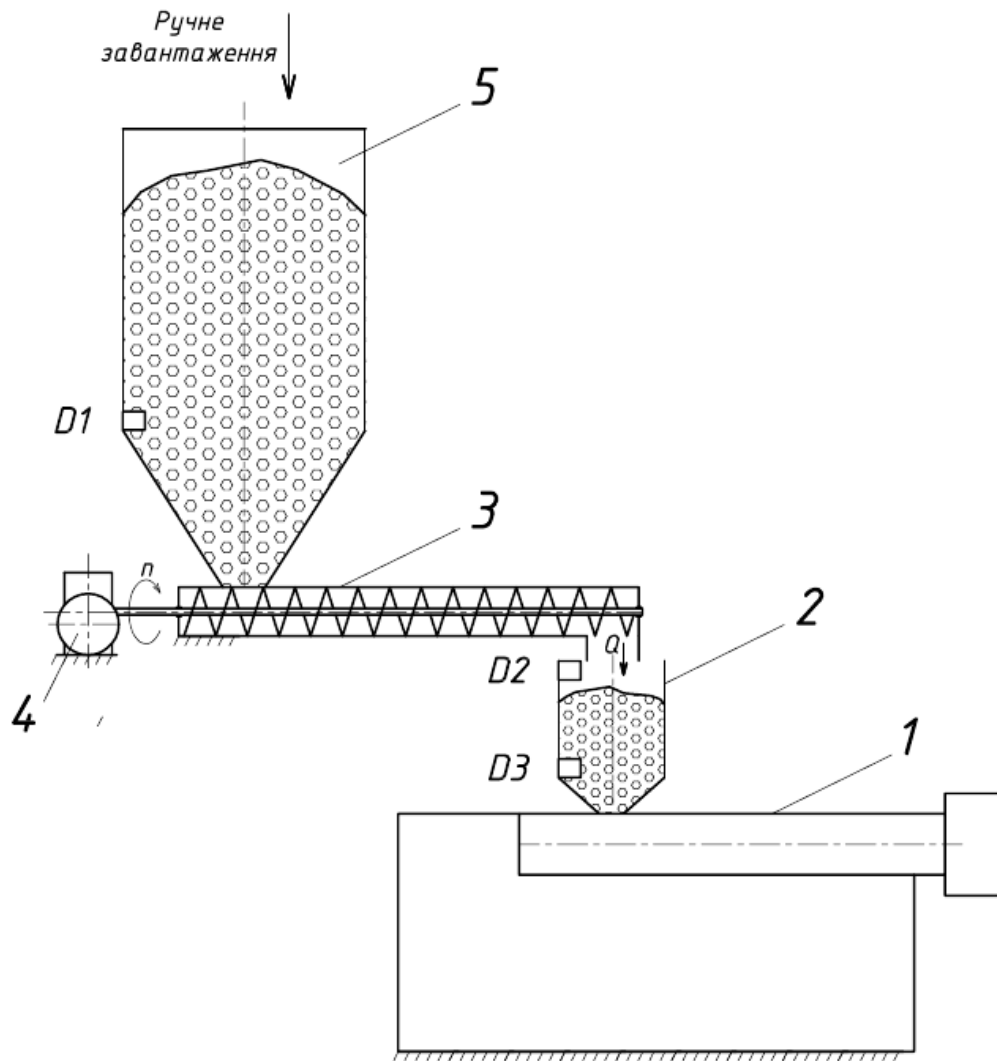


Рис. 2.1. Схема кінематична системи завантаження екструдера: 1 – екструдер; 2 – бункер екструдера; 3 – шнековий живильник; 4 – електропривод шнекового живильника; 5 – бункер великий; $D1$ – оптичний датчик нижнього рівня великого бункера; $D2$ - оптичний датчик верхнього рівня бункера екструдера; $D3$ - оптичний датчик нижнього рівня бункера екструдера; n – частота обертання шнеку живильника; Q – об’ємна продуктивність живильника

Шнек живильника 3 приводиться до обертання за допомогою приводу 4, що як правило складається з асинхронного електродвигуна і черв’ячного редуктора. Його частота обертання n може бути змінною при умові використання для живлення електродвигуна частотного перетворювача з векторним керуванням від мікроконтролера.

2.2. Розробка структурної схеми системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника

Розроблена структурна схема системи завантаження екструдера представлена на рис. 2.2.

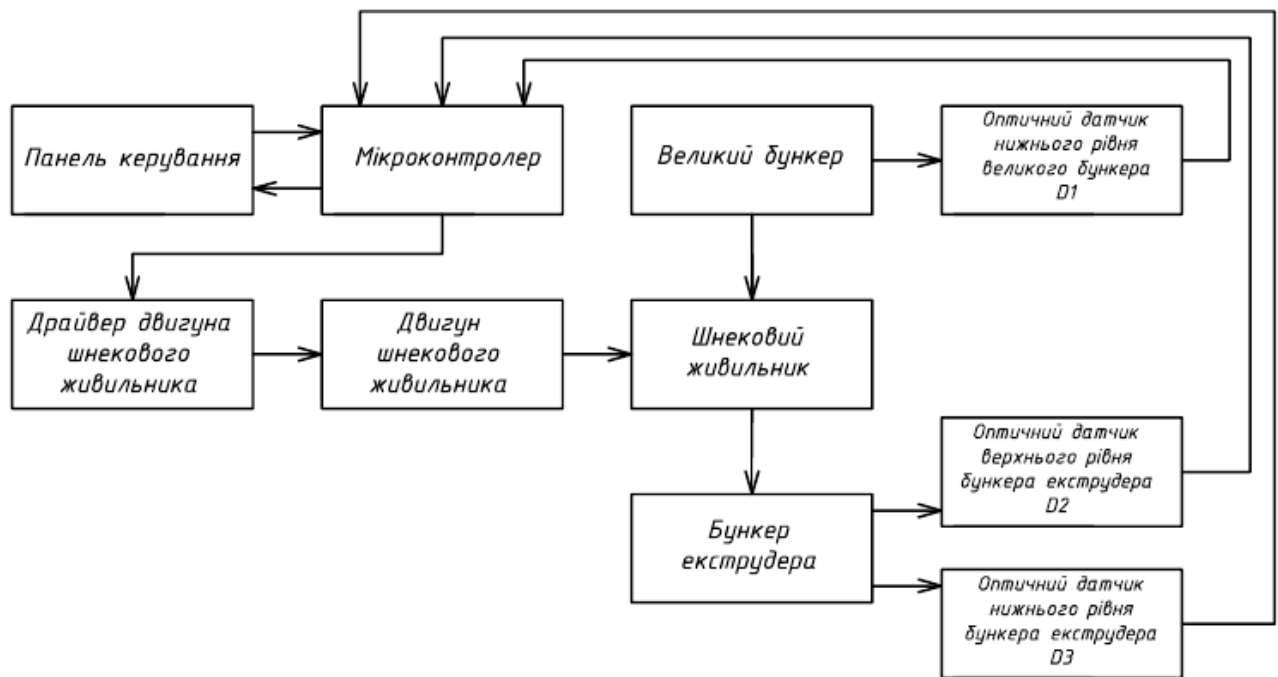


Рис. 2.2. Схема структурна системи завантаження екструдера

Основою структурної схеми на рис.2.2 є мікроконтролер, який може бути індивідуальним (тільки для цієї системи) або частково задіяний той, що керує головними процесами роботи екструзійної лінії:

- керування температурними режимами нагрівання зон матеріального циліндра та екструзійної головки;
- температурними режимами охолодження полімерного профілю на виході з головки екструдера;
- швидкістю обертання черв'яка екструдера;
- швидкістю відведення екструдованого профілю з робочої зони екструзії;
- іншими процесами аварійних, або нештатних ситуацій, що можуть виникати при роботі обладнання.

Згідно схемі на рис.2.2, мікроконтролер опитує стан датчиків D1, D2, D3,

що контролюють рівні наповнення бункерів. І в залежності від їх стану подає команди на увімкнення або вимкнення електродвигуна шнекового живильника.

З панелі керування здійснюється увімкнення/вимкнення системи завантаження, а також може задаватись швидкість обертання шнеку живильника залежно від використовуваного матеріалу і продуктивності процесу екструзії.

2.3. Розробка алгоритму роботи системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника

Для створення програми, що керує роботою мікроконтролера системи завантаження екструдера було розроблено алгоритм її роботи, який представлено на рис. 2.3.

Згідно розробленому алгоритму система завантаження екструдера працює наступним чином.

Вмикається живлення всіх блоків і агрегатів екструдерної лінії. Мікроконтролер, згідно програми опитує стан всіх датчиків, що встановлені в бункерах екструдера.

Якщо стан датчика великого бункера $D1=0$, то це свідчить про наявність в ньому матеріалу, якщо ні ($D1=1$), то мікроконтролер дає команду на увімкнення звукового або світлового сигналу про необхідність його наповнення.

В процесі роботи мікроконтролером постійно оцінюється стан датчика наповнення робочого бункера $D3$. Якщо $D3=1$, то рівень матеріалу в бункері недостатній то подається команда на увімкнення двигуна шнекового живильника і відбувається наповнення робочого бункера екструдера матеріалом.

Процес наповнення робочого бункера триває до тих пір доки стан другого датчика (верхнього рівня) не становитиме $D2=0$. Тоді подається команда на вимкнення електродвигуна шнекового живильника.

Після зупинення подачі матеріалу живильником в робочий бункер продовжується процес контролю стану датчиків $D1$, $D3$.

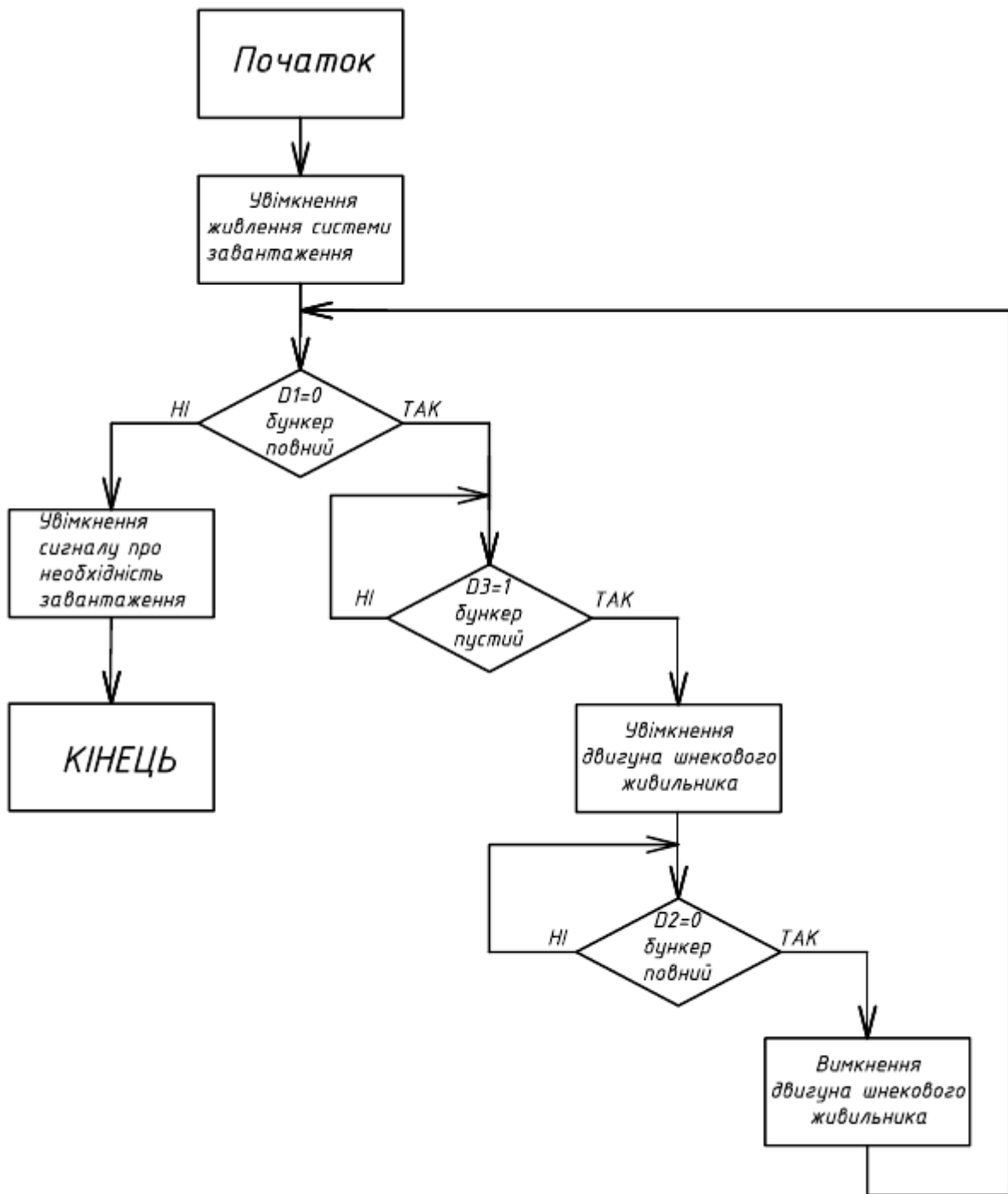


Рис. 2.3. Алгоритм роботи системи завантаження екструдера

Процес нормальної роботи екструдера продовжується до тих пір доки не відбудеться зміна стану одного з датчиків.

2.4. Розробка оптичних датчиків системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника

2.4.1. Принцип роботи і види оптичних датчиків

Оптичні безконтактні вимикачі складаються з 2 -х функціонально закінчених блоків - джерела випромінювання і приймача цього випромінювання (рис. 2.4).

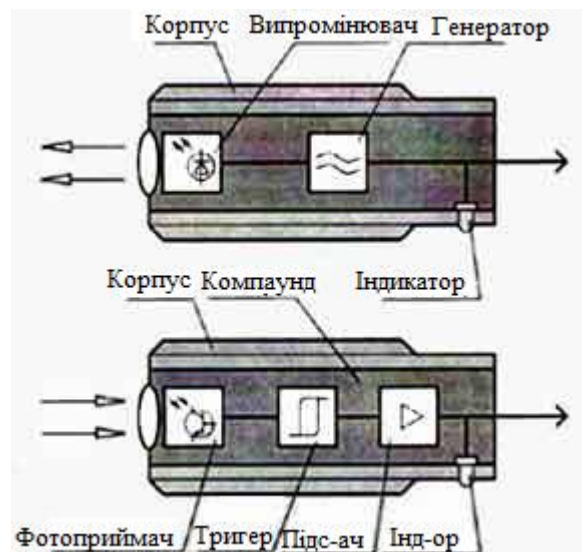


Рис. 2.4. Спрощена функціональна схема випромінювача і приймача оптичного датчика

Джерело випромінювання (передавач):

- генератор виробляє послідовність електричних імпульсів, що надходять на випромінювач;
- випромінювач – світлодіод інфрачервоного або оптичного (червоного) діапазону, що створює випромінювання;
- індикатор показує наявність напруги живлення на випромінювачі.

Приймач:

- фотоприймач (фототранзистор) - сприймає випромінювання і перетворює його в електричний сигнал;

- тригер забезпечує необхідну крутизну фронту сигналу перемикачання і значення гістерезису;
- підсилювач збільшує амплітуду вихідного сигналу до необхідного значення. В якості комутаційних елементів використовуються потужні транзистори;
- світлодіодний індикатор показує включений/вимкнений стан вимикача, забезпечує контроль працездатності, оперативність налаштування та ремонту обладнання;
- компаунд забезпечує необхідний ступінь захисту від проникнення твердих частинок і води. Корпус забезпечує монтаж вимикача, захищає від механічних впливів.

Принцип роботи оптичного датчика

Оптичні датчики можуть бути трьох типів:

1. Моноблочний: приймач приймає розсіяний світловий промінь джерела випромінювання, відбите від керуючого об'єкта (рис. 2.5). При цьому випромінювач і приймач розташовані в одному корпусі. Відстань впливу таких вимикачів до 1000 мм. При визначенні відстані впливу в якості керуючого об'єкта використовується пластина розміром 100x100 мм., виготовлена з металу, що має темно-сіру матову поверхню. Для усунення впливу сторонніх фонових об'єктів на працездатність, вимикачі забезпечені регулюванням чутливості приймача.

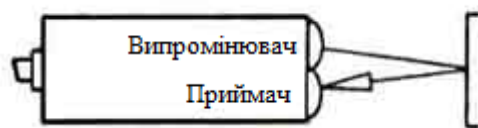


Рис. 2.5. Схема моноблочного оптичного датчика

2. Моноблочний поляризований (рис. 2.6):

- катафот закріплений нерухомо, а вимикач спрацьовує на переривання керуючим об'єктом променя, відбитого від катафота. Зверніть увагу – вимикач не сприймає відбите світло ні від одного об'єкта, крім катафота, який може бути встановлений в будь-якому місці;

- катафот встановлений на керуючому об'єкті. Зверніть увагу - в цьому випадку всі інші об'єкти для вимикача є невидимими. Це робить вигідним використання вимикача в системах охоронної сигналізації. При визначенні відстані впливу в якості керуючого об'єкта для вимикачів, що працюють на поляризованому світлі, використовується катафот, що поставляється виробником. Максимальна дистанція перемикачів визначається в даному випадку як відстань між вимикачем і катафотом.



Рис. 2.6. Схема моноблочного поляризованого оптичного датчика

3. Двоблочний (рис. 2.7): джерело випромінювання і приймач розташовані в окремих корпусах. Будь-який предмет, що перериває прямий світловий промінь від джерела до приймача, викликає зміну електричного сигналу на виході приймача. Відстань впливу таких вимикачів не залежить від матеріалу керуючого об'єкта. Максимальна дистанція перемикачів визначається як відстань між джерелом випромінювання і приймачем і становить 16м. Крім того, вимикачі цього типу мають імпульсний синхронізатор, що дозволяє працювати при дуже сильному зовнішньому освітленні.

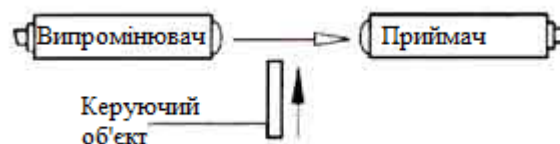


Рис. 2.7. Схема двоблочного оптичного датчика

Оптичні датчики бар'єрного типу

У датчиках з таким принципом роботи передавач і приймач розділені по різних корпусах, що дозволяє встановлювати їх один проти одного на робочій відстані (рис. 2.8).

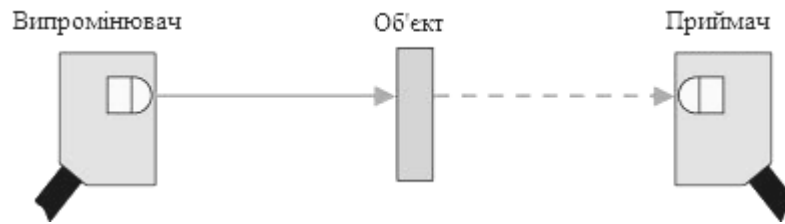


Рис. 2.8. Функціональна схема оптичного датчика бар'єрного типу

Рефлекторні оптичні датчики

Принцип роботи датчиків такого типу заснований на тому, що світловий промінь відбивається від рефлектора, а відбитий – детектується датчиком (рис. 2.9).

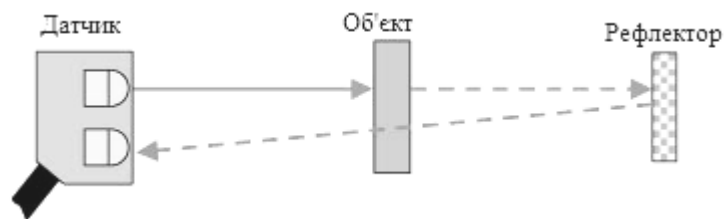


Рис. 2.9. Функціональна схема оптичного датчика рефлекторного типу

Застосування лазерних діодів в фотоелектричних датчиках з відображенням променя від рефлектора дозволяє домогтися значної відстані спрацьовування при одночасному збереженні високого дозволу, а використання поляризаційних фільтрів – уникнути складних ситуацій при виявленні ряду об'єктів.

Дифузійний світловідбиваючий оптичний датчик (рис. 2.10)

Чутливість датчиків даного типу змінюється за допомогою потенціометра. Світлі об'єкти відображають більше світла, ніж темні, і, крім того, світлий об'єкт може бути виявлений на більшій відстані. Тому щоб досягти подібних результатів з темним об'єктом, чутливість датчика збільшують за допомогою обертового потенціометра.

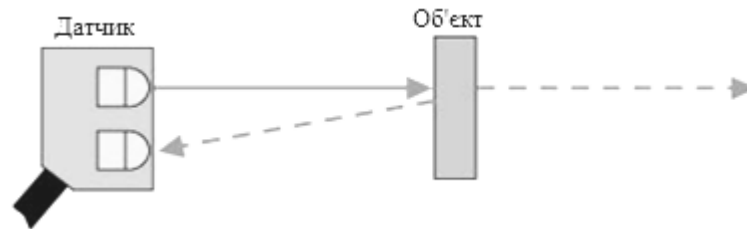


Рис. 2.10. Функціональна схема дифузійного світло відбиваючого оптичного датчика

Слід зазначити, що для дифузійних датчиків певну проблему становить розпізнавання темних об'єктів на світлому задньому фоні.

Також існують певні проблеми з виявленням дзеркальних предметів з складною геометрією поверхні і з впливом зовнішніх джерел освітлення.

Оптичний датчик придушення фону (рис. 2.11)

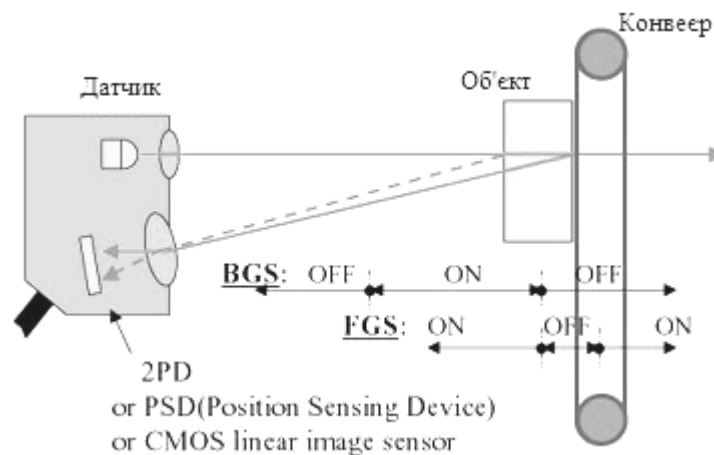


Рис. 2.11. Функціональна схема оптичного датчика придушення фону

Датчик придушення заднього фону визначають об'єкти на заданій відстані в межах області сканування. Всі об'єкти, розташовані за межами зазначеної області, не впливають на результати вимірювань.

Придушення переднього фону реалізовано шляхом спеціального розташування фотоприймача і випромінювача сигналу. Щоб гарантувати надійну роботу цих датчиків, задній фон повинен бути відносно світлішим за кольором і не мати значних флуктуацій по висоті. Датчики з придушенням переднього фону є ідеальним вибором для об'єктів з критичними поверхнями (прозорі або дзеркальні), а також коли між об'єктами, що рухаються по конвеєрній стрічці, є дуже невеликі проміжки.

Оптичні датчики зміщення (рис. 2.12)

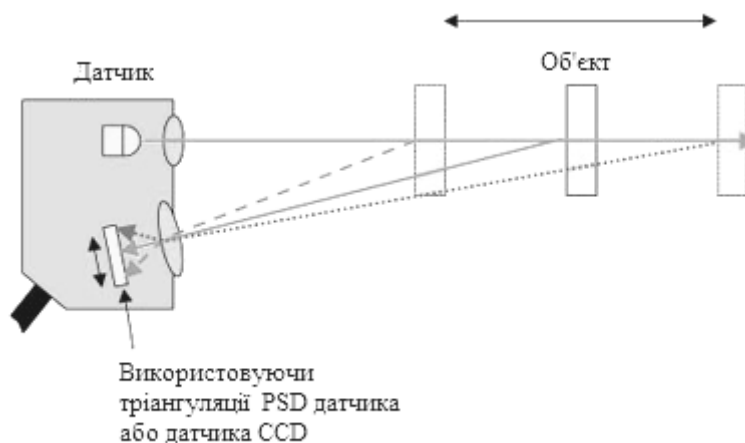


Рис. 2.12. Функціональна схема оптичного датчика зміщення

Конструкція датчиків зміщення розроблена для реалізації двох завдань, що виконуються датчиками: максимальна точність вимірювань і висока швидкість обробки даних при вимірах у діапазоні кількох міліметрів. У конструкції датчиків відстані використаний триангуляційний метод вимірювання. Світловий пучок направляється на поверхню тестованого об'єкта (джерелом світла може бути, наприклад, лазерний діод). У корпусі датчика встановлена оптика приймача, яка приймає відбиті промені на світлочутливому елементі. Залежно від положення відбитого променя і відомої геометрії визначається відстань до тестованого об'єкта.

Розрізняють три типи оптики приймача датчика зміщення: PSD, CMOS і CCD.

Переваги:

- висока роздільна здатність і точність при роботі з будь-якими матеріалами (матовими, блискучими, світлими і темними поверхнями);
- висока надійність вимірювань навіть при сильній контрастності;
- портативність габаритних розмірів датчиків.

2.4.2. Принципова схема універсального оптичного датчика на ІЧ променях

Чутливість можна регулювати в широких межах, причому дальність спрацювання змінюється від кількох метрів до кількох сантиметрів.

Робота оптичного датчика заснована на тому, що ІЧ-світлодіод світить вперед, світло відбивається від перешкоди і потрапляє на фотоприймач. Реле перемикається, і залишається в такому стані весь час, що є відображення плюс ще деякий час, який можна регулювати.

Принципова схема

Схема показана на рис. 2.13. Датчик складається з інфрачервоного світлодіода HL1 та аналогічного за призначенням інтегрального фотоприймача HF1. Так як фотоприймач має чітко виражений поріг чутливості, чутливість датчика регулюється не на прийомі, а на передачі регулюванням сили струму через ІЧ-світлодіод за допомогою звичайного підстроювального резистора R3.

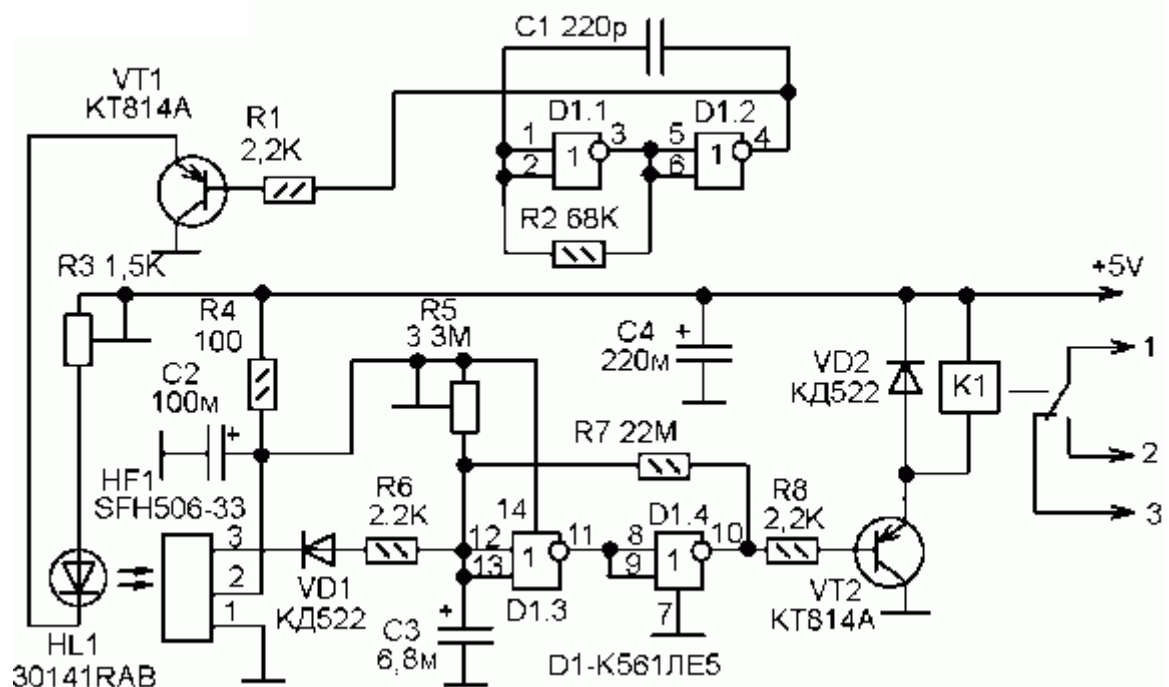


Рис. 2.13. Принципова схема оптичного датчика на ІЧ-променях

Як відомо, стандартні інтегральні фотоприймачі з метою перешкоди захищеності мають вбудований смуговий фільтр, що пропускає сигнали, модульовані тільки частотою в межах його смуги. У цьому випадку це 33 кГц.

Тому світлодіод HL1 надходить не постійний струм, а імпульсний частотою 33 кГц.

Частоту генерує мультивібратор на логічних елементах D1.1-D1.2. Якщо застосувати фотоприймач на іншу частоту, необхідно і цей мультивібратор відповідно перебудувати.

І так, у вихідному стані, коли перед датчиком в зоні його дії немає поверхні, що відображає, світло від HL1 не надходить на HF1. Тому на виході HF1 є логічна одиниця. Конденсатор C3 заряджений через резистор R5 рівня напруги логічної одиниці. На виході тригера Шмітта D1.3-D1.3 також логічна одиниця.

Транзистор VT2 закритий, струм на обмотку реле K1 не надходить.

Якщо світло HL1 відбивається і попадає на HF1, маючи при цьому достатню силу, на виході HF1 встановлюється логічний нуль. При цьому відкривається діод VD1 та через резистор R6 відбувається прискорена розрядка конденсатора C3. Напруга на C3 падає до логічного нуля і на виході тригера Шмітта D1.3-D1.4 встановлюється напруга логічного нуля.

Транзистор VT2 відкривається через нього надходить струм на обмотку реле K1.

Після того, як відображення припиняється діод VD1, закривається і конденсатор C3 починається заряджатися через резистор R5. Як тільки напруга на ньому досягає логічної одиниці на виході тригера Шмітт D1.3-D1.4 теж встановлюється напруга логічної одиниці. Транзистор VT2 закривається і струм на обмотку реле K1 не надходить.

Скільки часу потрібно зарядити C3 до напруги логічної одиниці залежить від опору R5. Резистор R5 зроблений підстроювальним, щоб з його допомогою можна було регулювати затримку вимкнення реле після того, як відображення припиняється.

Частоту модуляції ІЧ-випромінювання можна регулювати підбором опору резистора R2. Як уже сказано вище, ця частота повинна дорівнювати частоті смугового фільтра фотоприймача (зазвичай зазначено в його маркуванні двома цифрами, в даному випадку «SFH506-33». частота 33 кГц).

Чутливість датчика регулюється підстроювальним резистором R3, послідовно включеним світлодіоду.

2.4.3. Розробка конструкції чутливого елемента оптичного датчика

Необхідність розробки конструкції чутливого елемента оптичного датчика, що встановлюється в бункері екструдера обумовлена наступними особливостями його роботи:

- світловий потік оптичної пари повинен перериватись тільки тоді, коли рівень гранульованого полімеру досягне певного значення;
- оптична пара датчика повинна бути захищена від випадкових переривань світлового потоку падаючими гранулами матеріалу, що подається в бункер шнековим живильником.

Запропоновано конструкцію чутливого елемента оптичного датчика, що представлена на рис.2.14.

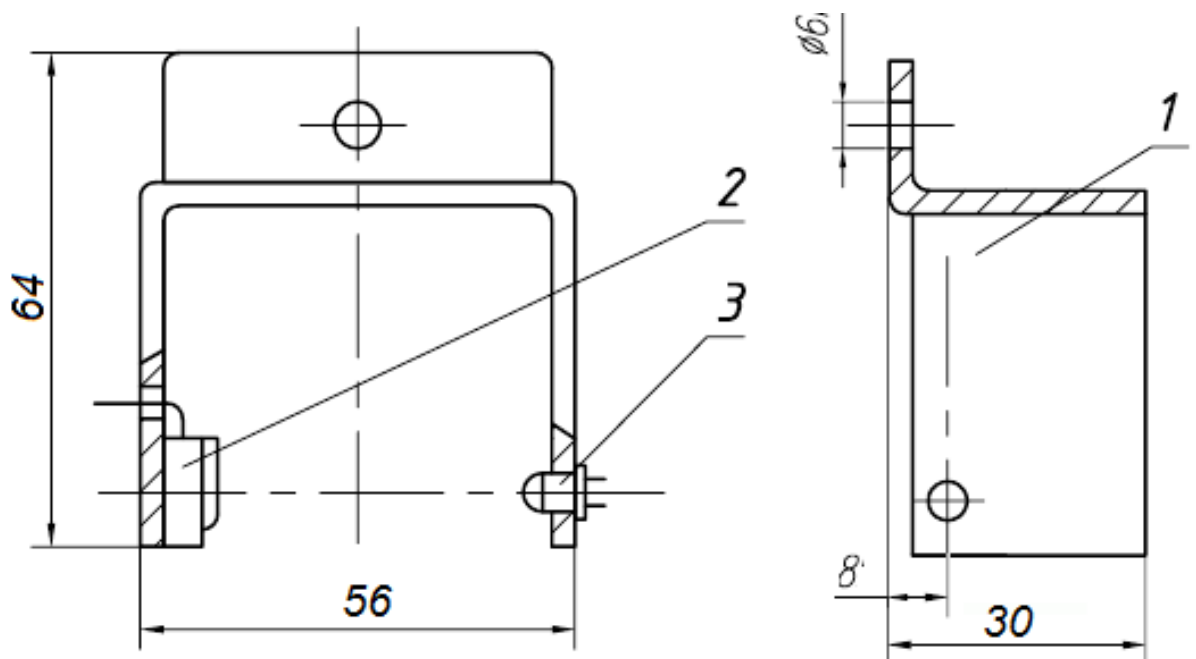


Рис. 2.14. Складальне креслення чутливого елемента оптичного датчика для контролю рівня полімерних гранул в бункері екструдера: 1 – кронштейн; 2 – інфрачервоний фотоелемент; 3 – інфрачервоний світлодіод

Кронштейн 1 (рис. 2.14) виготовлений з алюмінієвого або сталюого листа товщиною 3 мм.

Конструкція датчика передбачає закріплення інфрачервоий фотоелементу 2 і інфрачервоного світлодіоду 3 у відповідних позиціях на кронштейні 1 за допомогою клею, наприклад епоксидної смоли.

Чутливі елементи кріпляться на внутрішній бічній поверхні бункерів за допомогою гвинтів М6.

Завдяки такій конструкції чутливого елемента гранули матеріалу потрапляють в чутливий оптичний проміжок тільки при наповненні і спустошенні бункера.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА

3.1. Конструкція шнекового живильника

Принципова будова шнекового живильника складається з таких вузлів і деталей: корпусу - 1, шнека - 2, підшипникових опор - 3, завантажувального і розвантажувального патрубків - 4 монтажних фланців - 5, редуктора - 6 і приводного електродвигуна - 7 (Рис. 1). При обертанні шнека транспортований матеріал переміщається від завантажувального вікна до розвантажувального [7].

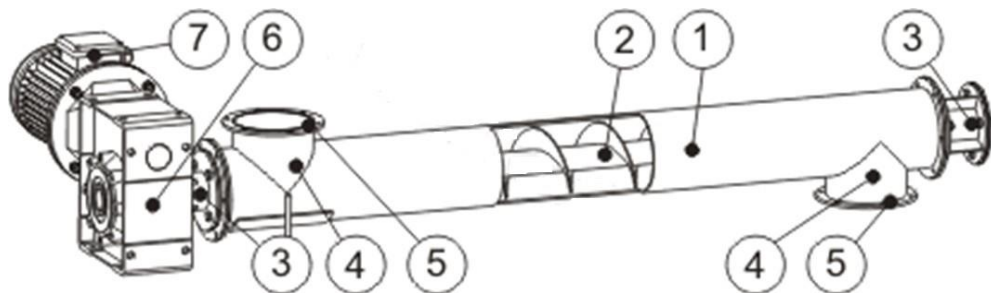


Рис. 3.1. Будова шнекового (гвинтового) живильника

Шнекові живильники (конвеєри) класифікують за розташуванням приводу гвинта: штовхаючі і тягучі.

Гвинтові живильники виконують горизонтальними або вертикальними (крутонахилені). Також виготовляють безстрижневі та гнучкі шнеки.

Горизонтальний гвинтовий живильник складається з гвинта у вигляді розташованого в підшипниках поздовжнього вала з укріпленими на ньому гвинтовими витками, жолоба з напівциліндричним днищем, в якому гвинт розміщений співвісно, і приводу (електродвигун і редуктор), що обертає гвинт. Насипний вантаж подається в жолоб через одне або кілька отворів в його кришці і при обертанні гвинта ковзає уздовж жолоба, подібно до того, як

рухається по гвинту гайка, утримувана від спільного з ним обертання. Спільному обертанню вантажу з гвинтом перешкоджає сила тяжіння вантажу і тертя його про жолоб. Розвантаження проводиться через одне або кілька отворів у днищі жолоба.

Гвинт конвеєра виконують з правим або лівим напрямком спіралі, одно-, дво- або трехзаходним. Поверхня гвинта може бути суцільною, стрічкою, лопатевою або фасонною (рис. 3.2). Гвинт з суцільною поверхнею застосовують переважно при переміщенні сухого дрібнозернистого і порошкового насипного вантажу, не схильну до злежування; з стрічкової, лопатної і фасонної - при переміщенні злежуються вантажів. Крім того, лопатевий і фасонний гвинти використовують в тих випадках, тоді при переміщенні вантаж повинен бути виконаний ще й певний технологічний процес, наприклад інтенсивне перемішування.

Витки лопатного і стрічкового гвинта виготовляють штампуванням їх сталевих листа або смуги, а потім приварюють до валу. Спіраль стрічкового і лопаті лопатевого гвинта зміцнюють на стерженьках, що пропускаються через просвердлені в валу отвори.

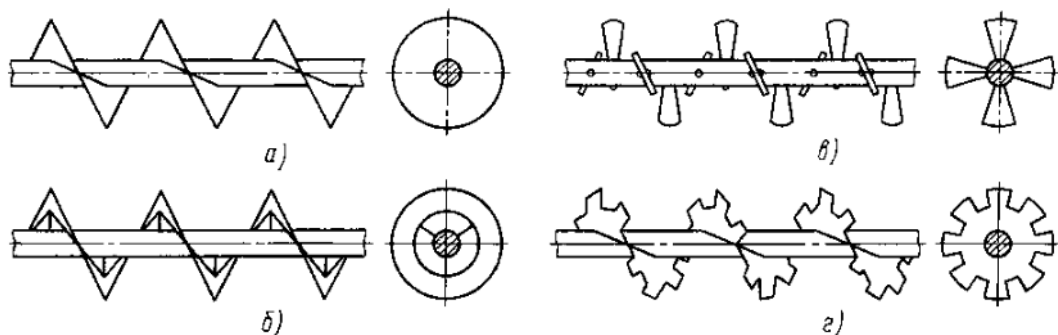


Рис. 3.2. Типи шнеків живильників і гвинтових конвеєрів:
а - суцільний; б - стрічковий; в - лопатевий; г – фасонний

Вертикальні шнекові живильники відносяться до конвеєрів спеціального типу. Конвеєр складається з підвішеного на підшипнику вала із суцільними гвинтовими витками, що обертається в циліндричному кожусі (трубі); короткого горизонтального гвинта-живильника, теж обертається в трубі, і одного або двох роздільних приводів для обох гвинтів. Розвантаження конвеєра

проводиться через патрубок угорі кожуха. Нижній ділянку вертикального гвинта, до якого подається вантаж, роблять або змінного, що зменшується до верху діаметра, або із зменшеним кроком. При великій висоті конвеєра щоб уникнути биття вала іноді встановлюють проміжні підшипники.

Безстрижневі шнеки призначені для горизонтального, похилого і вертикального транспортування порошкоподібних, а також кускових матеріалів різного ступеня абразивності, об'ємною вагою до 3500 кг/м³ включно. Через відсутність центрального вала ступінь заповнення безстрижневим шнекового конвеєра матеріалом вище, ніж в шнеках «класичної» конструкції.

Гнучкі шнеки. Гнучка спіраль, встановлена в даному типі шнека, дозволяє організувати складні плоскі і просторові траси з оптимальною траєкторією руху матеріалу. За рахунок більш високого рівня заповнення корпусу матеріалом, продуктивність гнучкого конвеєра вище, ніж у «жорсткого» з аналогічним діаметром гвинта. Також до безперечних переваг транспортера з гнучкою спіраллю можна віднести, низьке енергоспоживання, герметичність, можливість подачі матеріалу по нахилу і повороту траси без утворення переущільнених ділянок - пробок. Гнучкий корпус підвищує «технологічну мобільність» шнека, роблячи його практично безальтернативним варіантом транспортування сипучих матеріалів в умовах щільної компоновки технологічного обладнання.

3.2. Основні параметри шнекових живильників

При виборі шнека слід керуватися цілою низкою взаємопов'язаних параметрів, ступінь важливості яких може змінюватися в кожному окремому випадку.

Основним критерієм при виборі гвинтового конвеєра (шнека) є транспортований матеріал, а точніше його фізичні властивості: насипна щільність, вологість, розмір часток, температура, абразивні властивості та ін. Властивості транспортованого матеріалу визначають вид використовуваного шнекового гвинта і схеми роботи гвинтового конвеєра. Слід врахувати, що

деякі властивості можуть змінюватися в процесі його транспортування або попереднього зберігання. Так наприклад продукти схильні до злежування, вимагають попереднього перемішування або ударної дії, для обвалення зі стінок витратного бункера, що визначає необхідність установки перед шнеком відповідних агрегатів.

Другим за значимістю параметром є продуктивність. В незалежності від того чи буде шнек працювати безперервно або використовуватися періодично, продуктивність визначається як обсяг подаваного продукту в одиницю часу. Якщо планується використовувати шнек для безперервної подачі матеріалу і вимоги до точного дотримання продуктивності є строго обґрунтованими, то важливо передбачити наявність технічних засобів дозволяють регулювати продуктивність в бажаних межах. Спеціальне виконання останніх витків подає гвинта шнека дозволяє домогтися рівномірного перебігу продукту, уникаючи різких викидів, що істотно важливо для дозуючих шнеків.

До третіх за важливістю критеріїв відносять цілу групу параметрів, що описують геометрію планованого гвинтового живильника або конвеєра. Довжиною шнека прийнято називати мінімальна відстань, виміряний між осями першого завантажувального і останнього вивантажного патрубка. При розрахунку довжини шнека враховують кут його нахилу, а також розміри і виконання завантажувального і розвантажувального патрубків.

Визначившись з цими параметрами, проводять розрахунок шнека, в результаті якого отримують значення для підбору діаметра шнека і приводу обертання гвинта. Зовнішній діаметр кола, одержуваний при перетині корпусу шнека з площиною перпендикулярній його осі, прийнято називати діаметром шнека. Діаметр шнека вибирають з нормалізованого розмірного ряду: 114, 139, 168, 193, 219, 273, 323мм і т.д. Редуктор визначають також, вибираючи найбільш вподобаний з наступного ряду передавальних відносин: 1/5, 1/7, 1/10, 1/15, 1/20 і т.д. Можлива заміна редуктора на ремінну або ланцюгову передачу. Потужність приводу також вибирається з нормалізованого ряду потужностей, використовуваних електродвигунів, як правило, в діапазоні від 1,5 до 18,5кВт. Підібравши діаметр шнека і характеристики приводу, виробляють повторний

розрахунок шнека, для визначення продуктивності конвеєра в запропонованому виконанні.

3.3. Обґрунтування вибору варіанту модернізації шнеку живильника

Після виконання літературного та патентного огляду було розглянуто патенти, які призначені для модернізації та покращення роботи шнеку живильника. Найбільш доцільною конструкцією є живильник в якому шнек поділяється на 2 зони: зону завантаження матеріалу t_1 і зону основної ділянки t_2 (рис. 3.3).

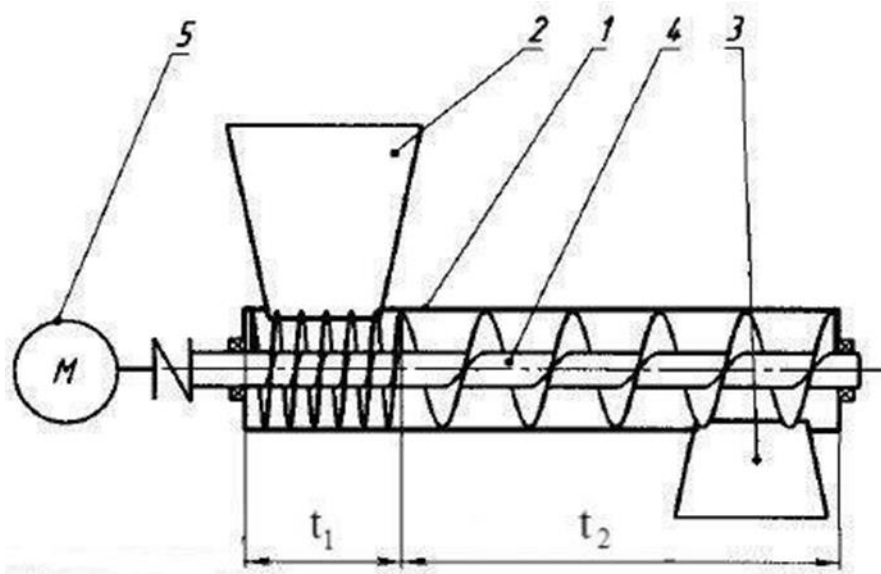


Рис. 3.3. Конструкція шнекового живильника з різним кроком гвинта

Згідно прототипу [4], гвинтовий живильник, що включає циліндричний кожух, гвинт, завантажувальний і розвантажувальний пристрої, привід, має в зоні завантаження крок спіральної поверхні гвинта φ_1 менше кроку спіральної поверхні в зоні основної ділянки гвинта φ_2 гвинтового живильника. Між кроками спіральних поверхонь гвинта в зонах завантаження і основних ділянок виконується залежність $t_1 \cdot \varphi_1 = t_2 \cdot \varphi_2$.

Продуктивність гвинтових живильників при рівних умовах прямопропорційна кроку спіральних поверхонь гвинта і коефіцієнту наповнення жолоба. Отже, щоб забезпечити однакову продуктивність гвинтового живильника з кроком спіральної поверхні гвинта t_1 і коефіцієнтом наповнення

жолоба $\varphi_1 = 1$ і гвинтового живильника з кроком спіральної поверхні гвинта t_2 і коефіцієнтом наповнення жолоба φ_2 , необхідно щоб між кроками спіральних поверхонь гвинта виконувалася наступна залежність: $t_1 = t_2 \cdot \varphi_2$.

За рахунок виконання даної модернізації живильника гвинтового в зоні основної ділянки гвинта зменшується скупчення матеріалу, що в свою чергу призводить до підвищення експлуатаційної надійності машини, підвищення її довговічності та зменшення тертя матеріалу об корпус гвинтового живильника.

3.4. Розрахунки основних геометричних розмірів шнекового живильника

Метою розрахунків є перевірка конструкторських рішень, які підтверджують правильність вибраної конструкції і її параметрів для екструзійної лінії і при необхідності їх оптимізація.

Живильник гвинтовий використовують для рівномірної подачі сипучих полімерних матеріалів у вигляді гранул.

Ступінь ущільнення поліетилену гранульованого після переробки в екструдері:

$$K_{ущ} = \frac{\rho_{мон}}{\rho_{гран}},$$

де $\rho_{гран}$ - насипна густина гранульованого матеріалу; $\rho_{мон}$ - насипна густина монолітного матеріалу.

Поліетилен гранули [14] $\rho_{гран} = 500 \dots 550$ кг/м³;

Поліетилен монолітний [14] $\rho_{мон} = 900 \dots 940$ кг/м³.

$$K_{ущ} = \frac{940}{500} = 1,88.$$

Для розрахунку загальних параметрів процесу екструзійного виробництва було розглянуто лінія для виробництва труб ЛТ-90-75/110.

Лінія ЛТ-90-75/110 [15] призначена для виробництва труб з гранульованих термопластів зовнішнім діаметром від 75 до 160 мм, що застосовуються в галузях водо-газо-енерго-забезпечення, для будівництва (для

виготовлення сантехнічних виробів, каналізаційних мереж, тунельного прокладання кабелю и проводів).

Продуктивність лінії до 200 кг/г, потужність 190 кВт.

Об'ємна продуктивність живильника повинна перевищувати продуктивність екструдера.

Вихідні дані: продуктивність гвинтового живильника $18 \text{ м}^3/\text{год}$, частота обертання шнека $n = 1 \text{ об/с}$, довжина гвинтового живильника $L = 1,6 \text{ м}$. Кут нахилу живильника 0° . Вантаж що транспортується – поліетилен гранули.

Продуктивність гвинтового живильника розраховується за формулою:

$$Q = 3600 \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \psi, \quad (3.1)$$

де D – діаметр шнека, м; d – діаметр осердя шнека; S – крок шнека, м; n – число обертів валу, об/сек.; ψ – коефіцієнт заповнення корпусу живильника при подачі гранульованих матеріалів. При подачі гранул поліетилену $\psi = 0,2 \dots 0,4$.

З формули (3.1) отримуємо невідомий діаметр шнека:

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

Оскільки $D \gg d$, в першому наближенні вважатимемо, що $d=0$, тоді

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 18}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot 1 \cdot 1}} = 0,2 \text{ м}.$$

Для знаходження діаметру осердя d необхідно розрахувати його на кручення. Розрахунок валу, що працює на кручення [16], проводиться за допустимим напруженням $[\tau_{кр}]$, звичайно рівне $0,6 \sigma_i$. Матеріал виготовлення валу – Сталь 40Х, $\sigma_i = 75 \text{ МПа}$.

Розрахунок здійснюється за формулою [16]:

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

де $\tau_{кр}$ - розрахункове напруження кручення в небезпечному перерізі валу, $\tau_{кр} =$

20 МПа; T - крутний момент у небезпечному перерізі валу, $T = 2000$ Н·м; d - діаметр валу; $[\tau_{кр}]$ - допустиме напруження на кручення валу.

Тоді діаметр валу дорівнює:

$$d = \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau_{кр}]}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 2000}{20 \cdot 10^6}} = 0,08 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр валу 80 мм.

Розміри заготовки шнека (рис. 3.4, 3.5) визначаються таким чином:

$$b = 0,5(D_B - d_B), \quad (3.2)$$

де D_B - зовнішній діаметр шнека, мм; d_B - діаметр штанги, мм.

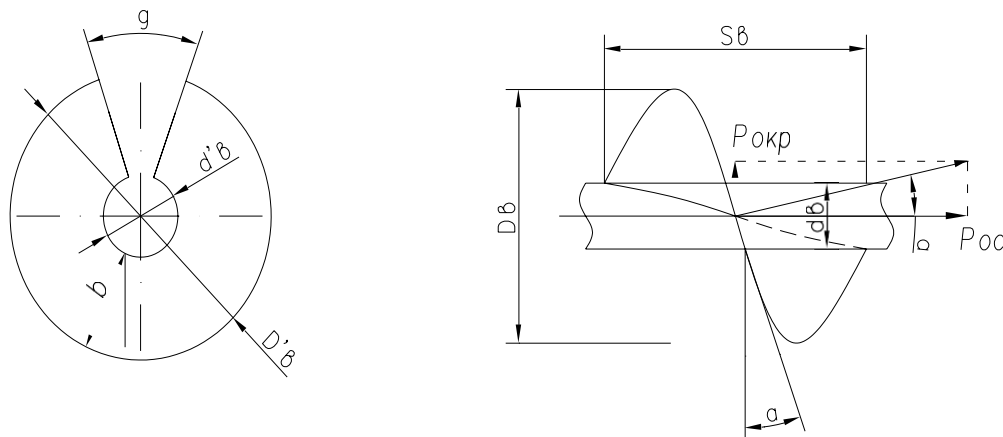


Рис. 3.4. Схема до розрахунку розмірів заготовки шнека

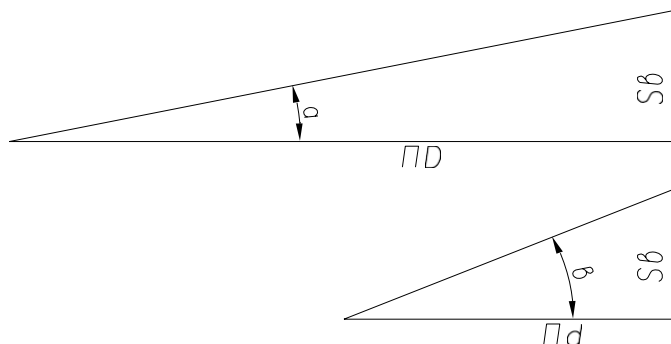


Рис. 3.5. Залежність кута підйому гвинтової лінії від відстані до осі

$$\frac{\pi D'_e}{\cos \alpha} = \pi D'_e - 0,5 D'_e \Delta = D'_e (\pi - 0,5 \Delta),$$

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

$$\alpha = \arctan g \frac{S_{\epsilon}}{\pi \cdot D_{\epsilon}},$$

де S_{ϵ} - крок шнека, мм.

$$\frac{\pi d_{\epsilon}}{\cos \beta} = \pi d'_{\epsilon} - 0,5 d'_{\epsilon} \Delta = d'_{\epsilon} (\pi - 0,5 \Delta),$$

де β - кут підйому лінії на трубі діаметром d .

$$\beta = \arctan g \frac{S_{\epsilon}}{\pi \cdot d_{\epsilon}}$$

Спільне рішення цих рівнянь приводить до наступного:

$$D_{\epsilon} = \frac{2b \frac{D_{\epsilon}}{d_{\epsilon}} \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}}{\frac{D_{\epsilon}}{d_{\epsilon}} \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} - 1}.$$

$$\Delta = 2\pi \left(1 - \frac{D_{\epsilon}}{D'_{\epsilon} \cos \alpha} \right)$$

$$d'_{\epsilon} = D'_{\epsilon} - 2b$$

Крок шнека обчислюється за формулою:

$$S_{\epsilon} = \xi \cdot D_{\epsilon},$$

де $\xi = 0,7 \dots 0,8$.

Тоді

$$S_{\epsilon} = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ мм};$$

$$b = 0,5(200 - 80) = 60 \text{ мм};$$

$$\alpha = \arctan g \frac{160}{3,14 \cdot 200} = 14^{\circ};$$

$$\beta = \arctan g \frac{160}{3,14 \cdot 80} = 32^{\circ};$$

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

$$d_g = 200 - 2 \cdot 60 = 80 \text{ мм}.$$

У розроблюваній машині проектуємо змінний крок, збільшуючи його значення у напрямку вивантаження матеріалу, для забезпечення кращої роботи, і уникнення явища ущільнень між витками шнека [9].

Кут нахилу витка за ДСТУ 2037-65 вибираємо 40° .

Зовнішній діаметр шнека D розрахований, розраховуємо внутрішній діаметр витка шнека за формулою:

$$d_o = \frac{(D - d) \cdot \sqrt{S^2 + (\pi d)^2}}{\sqrt{S^2 + (\pi D)^2} - \sqrt{S^2 + (\pi d)^2}} = \frac{(0,2 - 0,08) \sqrt{0,16^2 + (3,14 \cdot 0,08)^2}}{\sqrt{0,16^2 + (3,14 \cdot 0,2)^2} - \sqrt{0,16^2 + (3,14 \cdot 0,08)^2}} = 0,1 \text{ м},$$

де d – діаметр валу шнека, $d = 0,08 \text{ м}$.

3.5. Розрахунок потужності електродвигуна

Потужність, що необхідна для транспортування гранульованого полімерного матеріалу [10]:

$$N = \frac{n \cdot Q}{367} (L \cdot \omega + H).$$

$$N = \frac{2 \cdot 36}{367} (1,6 \cdot 13 + 0) = 4 \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна [10]:

$$N_{ог} = \frac{N}{0,8} = \frac{4}{0,8} = 5 \text{ кВт}.$$

3.6. Розрахунки шнека живильника на міцність

Розрахунок шнека на міцність – перевірка запроєктованих на підставі

попередніх розрахунків розмірів шнека і визначення максимального прогину.

Вихідні дані: $D = 0,2$ м, $L = 1,6$ м, $d = 0,08$ м, $d_0 = 0,1$ м, передана потужність $N = 4$ кВт.

Схему епюр навантаження шнеку представлено на рис. 3.6.

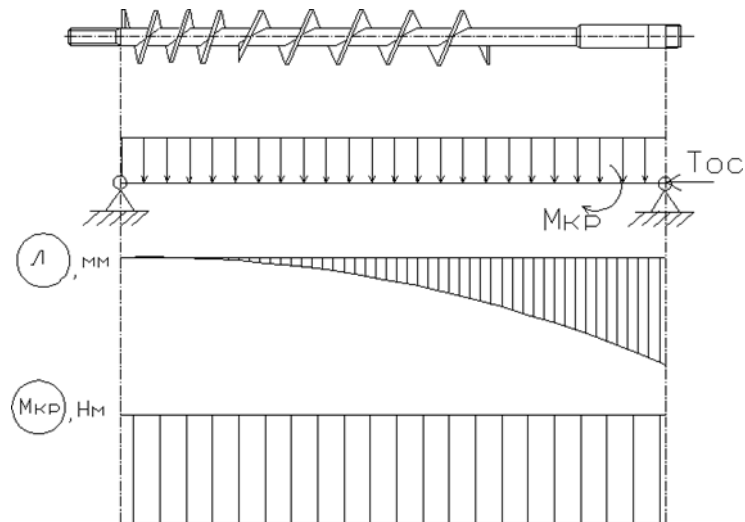


Рис. 3.6. Схема епюр навантаження шнеку

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

Визначимо максимальний обертальний момент, діючий на шнек:

$$M_{кр.max} = 9736 \frac{N}{n} = 9736 \frac{4}{120} = 324,53 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Осьова сила, що діє на шнек:

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

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

Сила від власної ваги черв'яка:

$$G = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot L \cdot \rho \cdot g.$$

$$G = \left(\frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \right) \cdot 1,6 \cdot 1600 \cdot 9,81 = 661,7 \text{ Н}.$$

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{G}{L}.$$

$$q = \frac{661,7}{1,6} = 413,5 \text{ Н/м.}$$

Полярний момент інерції [16]:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4 (1 - a^4)}{64},$$

де d – діаметр осердя, a – відношення діаметрів.

$$a = \frac{d}{d_0} = \frac{0,08}{0,1} = 0,8.$$

$$\text{Тоді } I = \frac{3,14 \cdot 0,08^4 (1 - 0,8^4)}{64} = 118,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Площа небезпечного перетину:

$$F = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}.$$

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,2^2 - 0,08^2)}{4} = 26,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Радіус інерції [16]:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}}.$$

$$i = \sqrt{\frac{118,6 \cdot 10^{-8}}{26,38 \cdot 10^{-3}}} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ступінь жорсткості черв'яка [16]:

$$\lambda = \frac{M \cdot L}{i}.$$

$$\lambda = \frac{324,53 \cdot 1,6}{6,7 \cdot 10^{-3}} = 77,510^3.$$

Полярний момент опору [16]:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - a^3)}{32}.$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,08^3 (1 - 0,8^3)}{32} = 24,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Дотичні напруження [16]:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W}.$$

$$\tau = \frac{324,53}{24,52 \cdot 10^{-8}} = 13,24 \text{ МПа}.$$

Нормальні напруження [16]:

$$\sigma_{oc} = \frac{T_{oc}}{F}.$$

$$\sigma_{oc} = \frac{2723}{26,38 \cdot 10^{-3}} = 0,103 \text{ МПа}.$$

Еквівалентне напруження [16]:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{oc}^2 + 4 \cdot \tau^2}.$$

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

Коефіцієнт запасу міцності [16]:

$$n = \frac{\sigma_{тек}}{\sigma_e}.$$

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

де $\sigma_{тек}$ - границя текучості, $\sigma_{тек} = 850$ МПа для сталі 38.

$$\kappa = \sqrt{\frac{T_{oc}}{E \cdot I}} = \sqrt{\frac{2723}{2 \cdot 10^{11} \cdot 118,6 \cdot 10^{-8}}} = 0,11$$

$$A = \frac{q \left[L - \frac{1}{\kappa} \sin(\kappa L) \right]}{\kappa \cdot \cos(\kappa L)} = \frac{413,5 \left[1,6 - \frac{1}{0,11} \cdot \sin(0,11 \cdot 1,6) \right]}{0,11 \cdot \cos(0,11 \cdot 1,6)} = 31,49$$

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

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

$$= 0,26 \text{ мм} = 0,00026 \text{ м}.$$

$$\delta \leq \delta_{\text{зад}}$$

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

3.7. Розрахунок кроку шнеку живильника після модернізації

Метою модернізації було поділення гвинта живильника гвинтового на дві зони: зони завантаження і зони основної ділянки подачі матеріалу. Щоб забезпечити однакову продуктивність живильника, необхідно щоб між кроками в різних зонах гвинта виконувалась наступна залежність [4]:

$$S_1 \cdot \psi_1 = S_2 \cdot \psi_2,$$

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 основної ділянки, $S_2 = 0,16$ м; ψ_2 – коефіцієнт заповнення в зоні основної ділянки.

Для нормальної роботи живильника коефіцієнт заповнення корпусу живильника ψ_2 має складати 0,125...0,4. Для заданого матеріалу, який подається в живильник гвинтовий приймаємо даний коефіцієнт до $\psi_2 = 0,4$. Проведемо розрахунки для визначення кроку гвинта живильника гвинтового в зоні завантаження, при якому можемо досягти значення даного коефіцієнта.

З формули залежності поданої вище знаходимо крок гвинта в зоні завантаження живильника:

$$s = \frac{S_2 \cdot \psi_2}{\psi_1}.$$

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

Отже, для того щоб забезпечити роботу живильника без скупчення вантажу та підвищити його експлуатаційну надійність, крок гвинта в зоні завантаження живильника необхідно зменшити до 0,064 м.

3.8. Опис конструкції живильника та принципу дії

Схему загального виду живильника гвинтового представлено на рис. 3.7.

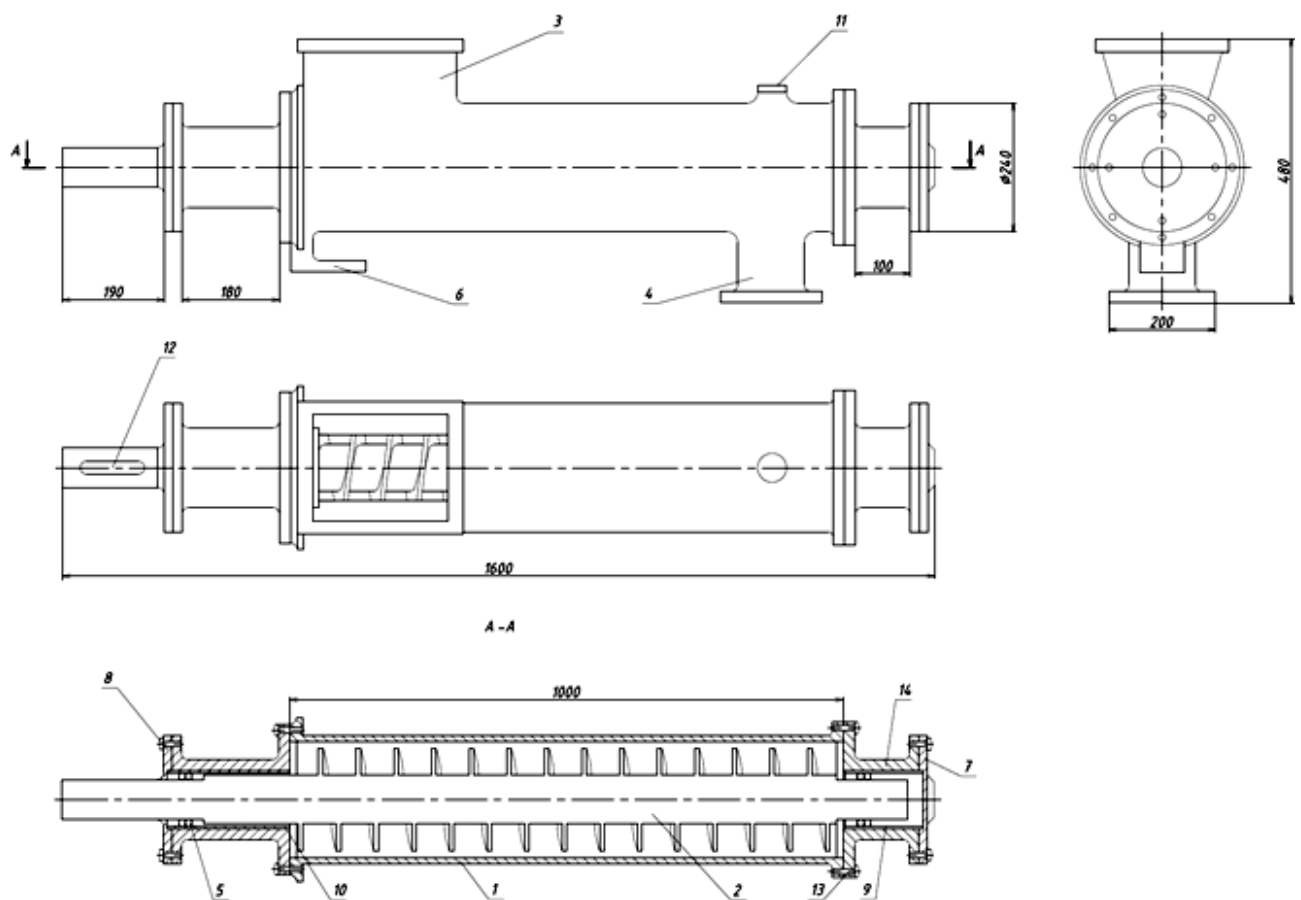


Рис. 3.1. Схема загального виду живильника гвинтового:

1 – корпус; 2 – шнек ; 3 – бункер приймальний ; 4 – отвір випускний ; 5 – радіально-упорний підшипник; 6 – опори; 7 – закрита кришка підшипника; 8 – наскрізна кришка підшипника; 9 – втулка; 10 – манжета; 11 – пробка; 12 – шпонка; 13 – гвинт; 14 – корпус підшипника

Живильник гвинтовий складається з корпусу 1, радіально-упорного підшипника 5, опори 6, закритої кришки підшипника 7, наскрізної кришки підшипника 8, втулки 9, манжети 10, пробки 11, шпонки 12, гвинта 13 і корпусу підшипника 14.

Принцип дії живильника гвинтового полягає в наступному: матеріал подається до приймального бункера 3. Під час обертання гвинта 2 матеріал переміщується в напрямку до випускного отвору 4, причому під впливом гвинта й сил тертя об стінки лотка частинки матеріалу рухаються по криволінійній траєкторії, яка має вигляд гвинтової лінії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Екструдери широко використовуються в промисловості для виготовлення різних профільних виробів з термопластичних полімерних матеріалів (труби, різні профілі, провідникова продукція, плівки і ін.).

2. В екструдерах технологічний процес відбувається безперервно протягом робочої зміни, що вимагає постійного поповнення робочих бункерів екструдерів полімерною сировиною, або збільшувати об'єм завантаження цих бункерів.

3. З іншого боку, встановлено, що збільшення об'єму бункерів екструдерів призводить до підвищення насипного тиску в матеріалі, що призводить до погіршення витоку матеріалу, затримок витоку гранул в екструдер, пульсацій продуктивності і як результат – до погіршення якості кінцевих виробів.

4. З метою удосконалення системи завантаження екструдера запропоновано використати один бункер великої ємності, оснащений шнековим живильником для поповнення рівня матеріалу в одному або кількох малих (робочих) бункерів екструдера. Для можливості автоматичної роботи системи завантаження запропоновано оснащення робочих бункерів датчиками рівня насипного полімерного матеріалу.

5. Розроблено структурну схему системи завантаження екструдера і алгоритм роботи розробленої системи, який може бути основою для розробки програмного забезпечення мікроконтролера.

6. Розроблено конструкцію і запропоновано електричну схему оптичних датчиків системи завантаження екструдера на основі шнекового живильника.

7. Розроблено конструкцію шнекового живильника для завантаження екструдера. При цьому було виконано розрахунки його технологічних, геометричних параметрів, а також перевірка шнека на міцність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <http://uk.plasticextrusion.net/product/pvc-pipe-extrusion-machine>
2. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Інрес : Воля, 2005.
3. Кольман-Иванов Э.Э. Конструирование и расчет машин химических производств: навч. посіб. / Э.Э. Кольман-Иванов, Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев – М.: Машиностроение, 1985.
4. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: навч. посіб. / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартинов – М.: Машиностроение, 1975.
5. Винтовой конвейер: Заявка на патент № u 20090012 Беларусь, МПК В65G 33/00 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, П.В. Клавсуть, С.А. Легенький, П.А. Недвецкий, Е.В. Стамбровский – Оpubл. 30.10.2009.
6. Винт винтового конвейера: Заявка на винахід № RU 2291094 РФ, МПК В65G 33/26 / С.П. Присяжная, М.М. Присяжный, Р.Д. Редозубов, В.Н. Немчин, А.Н. Рыбалев, А.П. Дыкин – Оpubл. 10.01.2007.
7. Винтовой конвейер: Заявка на винахід № SU 1778050A1 СРСР, МПК В65G 33/00 / А.В. Мамырин – Оpubл. 30.11.1992.
8. Гвинтовий живильник–дозатор: Заявка на винахід № UA 53988 А Україна, МПК В65G 33/24, В65G 33/26 / Д.Л. Радик, В.В. Васильків – Оpubл. 17.02.2003
9. Гвинтовий транспортер для дозованого транспортування сипких матеріалів: Заявка на патент № UA 27245 С2 Україна, МПК В65G 33/00, В65G 33/14 / Валлнер Фелікс (АТ), Кепплінгер Леопольд Вернер (АТ), Бьом Христиан (АТ) – Оpubл. 15.08.2003.
10. Коваленко І.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 104 с.

11. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин: навч. посіб. / Ф.К. Иванченко, В.С. Бондарев, Н.П. Колесник, В.Я. Барабанов – К.: Вища школа, 1978.
12. Андрейко С.В., Казак І.О. Особливості конструкції гвинтового живильника з гвинтом з еластичними пластинами // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами ХІ Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ,4-5 червня 2020 р.). К: НТУУ«КПІ імені Ігоря Сікорського», 2020. С. 50-51.
13. Тихонцов А.М. Научные основы создания специальных видов транспорта для механических цехов машиностроительных заводов. Текст.: дис. докт. техн. наук Тихонцов А.М. – Днепродзержинск, 1981.
14. <https://polymers.com.ua/>
15. <https://dalgakiran.ua/uk/statti/ekstruzijni-liniyi-dlya-virobnitstva-vsih-vidiv-polimernih-trub/>
16. Писаренко Г. С. та ін. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. - 2-ге вид., допов. і переробл. -К.: Вища шк., 2004. - 655 с.: іл. ПЗ4 ISBN 966-642-056-2

