


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Олексій МИРОНЮК

«20» червня 2022р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів»

зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

на тему: «Виробництво тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ХІІ-81

Сорокіна Ірина Олегівна

Керівник:

доц., к.т.н., МIRONЮК О.В.

Консультант з автоматизації:

доц., к.т.н., Сазонов А.Ю.

Консультант з економіки:


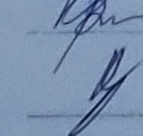
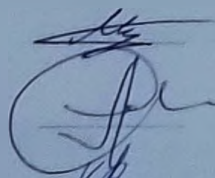
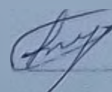
доц., к.е.н., Кривда О.В.

Консультант з охорони праці:


доц., к.т.н., Полукаров Ю.О.

Рецензент:

доц., д.т.н., Соколюк О.Л.



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає записки з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка 

N 542ⁿ

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Хіміко-технологічний факультет

Кафедра хімічної технології композиційних матеріалів


Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Олексій МИРОНЮК

« 22 » червня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Сорокіній Ірині Олегівні

1. Тема проєкту «Виробництво тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів», керівник проєкту Миронюк Олексій Володимирович, доцент, затверджені наказом по університету від «01» червня 2022 р. № 820-с

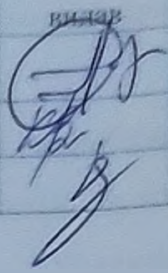
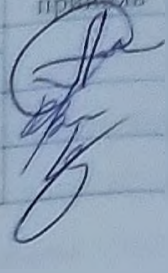
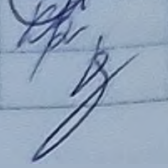
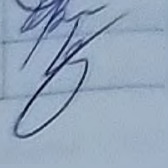

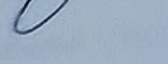
2. Термін подання студентом проєкту 18 червня 2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту : розробити проєкт виробництва тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів.

4. Зміст пояснювальної записки: обґрунтування та вибір технологічної схеми; характеристика цільового продукту та сировини; опис технологічної схеми виробництва; автоматизація ділянки виробництва; економічно-організаційні розрахунки; охорона праці та довкілля.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо) : технологічна схема виробництва (1 аркуш формату А1); креслення екструдера (1 аркуш формату А1); функціональна схема автоматизації (1 аркуш формату А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Автоматизація	Сазонов А.Ю., доцент, к.т.н.		
Економіка	Кривда О.В., доцент, к.е.н.		
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доцент, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 02.05.2022

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Видача завдання та теми для дипломного проєктування	2 травня	Виконано
2	Літературний огляд існуючих вітчизняних та закордонних технологій за темою сучасні методи виробництва тонера-порошку	5 травня	Виконано
3	Обґрунтування теоретичних основ, хімізму і технологічних параметрів/режимів обраної технології	10 травня	Виконано
4	Характеристика компонентів технології	16 травня	Виконано
5	Розробка технологічної схеми	20 травня	
6	Розрахунок та вибір основного технологічного апарату та допоміжного обладнання	23 травня	Виконано
7	Екологічна безпека технології	27 травня	Виконано
8	Автоматичний контроль та керування виробництвом	1 червня	Виконано
9	Економіко - організаційні розрахунки	3 червня	Виконано
10	Охорона праці та виробнича санітарія	6 червня	Виконано
11	Перевірка плагіату	3 червня	Виконано
12	Нормоконтроль	22 червня	Виконано
13	Захист	24 червня	Виконано

Студент



Ірина СОРОКІНА

Керівник



Олексій МИРОНЮК

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту на тему: «Виробництво тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів» : 100 с., 20 табл., 15 рис., 19 джерело.

В дипломному проєкті був складений процес виробництва тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів. Було розроблено загальну рецептуру та технологію виробництва. Обґрунтовано вибір технологічної схеми.

Виконані розрахунки основного обладнання, теплового балансу та якості готової продукції.

Наведено схему автоматичного контролю і керування, також запропоновані технічні рішення з охорони довкілля. Розроблено економіко-організаційну частину проєкту.

ТОНЕР, ПОЛІАКРИЛАТ, СТИРОЛ-АКРИЛАТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕКСТРУЗІЯ, ПОМЕЛ, ПОРОШОК, ФІЛЬТРАЦІЯ, ПІГМЕНТ, НАМАГНІЧЕНІСТЬ, РОЗПЛАВ, ДРУК.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma project on the topic: "Production of toner powder for laser printing based on polyacrylates": 100 pp., 20 tables, 15 figures, 19 source.

In the diploma project the process of production of toner-powder for laser printing on the basis of polyacrylates was made. The general recipe and production technology were developed. The choice of technological scheme is substantiated.

Calculations of basic equipment, heat balance and quality of finished products have been performed.

The scheme of automatic control and management is given, technical solutions on environmental protection are also offered. The economic and organizational part of the project has been developed.

TONER, POLYACRYLATE, STYROL-ACRYLATE, TECHNOLOGICAL PROCESS, EXTRUSION, GRINDING, POWDER, FILTRATION, PIGMENT, MAGNETICITY, MELTING.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	9
Вступ	10
1 Аналітичне дослідження	12
1.1 Вимоги діючих стандартів	12
1.2 Вибір сировини та методу переробки	13
1.2.1 Обґрунтування вибору полімеру	13
1.3 Обґрунтування технологічної схеми	16
2 Технологічна частина	18
2.1 Опис вибраної технологічної схеми виробництва	18
2.2 Матеріальний баланс виробництва	32
2.2.1 Визначення фонду часу роботи обладнання	32
2.2.2 Визначення фонду часу роботи обладнання	32
2.2.3. Складання погодинного матеріального балансу	35
2.3 Складання рецептури тонера-порошку та матеріального балансу виробництва	39
2.4 Розрахунок технологічних та конструктивних параметрів виробництва	42
2.4.1 Технологічна характеристика	42
2.4.2 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки	43
2.4.3 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка	46
2.4.4 Розрахунок продуктивності черв'ячної машини	47
2.4.5 Розрахунок перепаду тиску в головці	50
2.4.6 Розрахунок потужності двигуна черв'ячної машини	53
2.4.7 Тепловий розрахунок завантажувальної воронки	55
2.4.8 Розрахунок необхідної потужності нагрівника	58

ХП81.10.1470.001				
Зам.	Арк.	№ докум.	Іздание	Дата
Виробл.		Сировина ІД	<i>17</i>	
Перевір.		Матеріальн. С.В.	<i>17</i>	
Н. Косенко		Коллектор Ю.О.	<i>17</i>	
Затверд.		Матеріальн. С.В.	<i>17</i>	
Виробництво тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів				
		Літ.	Арк.	Акцизів
			6	
ІНТУУ "КПІ" ХТФ, XII-81				

2.5 Вибір та розрахунок кількості основного та допоміжного обладнання	59
2.6 Види браку	62
3 Автоматизація процесу	64
3.1 Опис технологічної схеми виготовлення тонер-порошку	64
3.2 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації	66
3.3 Опис розробленої схеми автоматизації	67
3.4. Розрахунок похибок вимірювального каналу	70
Висновки до розділу автоматизації	72
4 Економіко - організаційні розрахунки	73
4.1 Підприємство у промисловій структурі держави	73
4.2 Технологічна підготовка виробництва	75
4.2.1. Види руху предметів праці (ВРПП)	76
4.2.2 Середньорічна тривалість виробничого циклу підприємства	79
4.2.3 Кількість одиниць обладнання та чисельність персоналу	80
4.2.4 Технічний контроль на виробництві	81
4.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	81
4.3.1 Оборотні фонди підприємства	81
4.3.2 Витрати на електроенергію	82
4.3.3 Витрати на водопостачання	83
4.3.4 Калькуляція на продукцію	84
4.3.5 Розрахунок техніко-економічних показників	84
Висновки до розділу економіки	86
5 Охорона праці	87
5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці	87
5.1.1 Повітря робочої зони	87
5.1.2 Виробниче освітлення	90
5.1.3 Виробничий шум і вібрації	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ДСТУ – державний стандарт України;

ГОСТ - державний стандарт РФ (СРСР)

ISO - міжнародна організація зі стандартизації

					<i>ХП81.13.1470.001</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

У своїй історії технологія лазерного друку з'явилася досить давно. В 1938 Честер Карлсон розробив спосіб друку, який назвався електрографія. Його застосування здійснювалося у копіювальних пристроях того часу.

Але саме винахід лазерного принтера здійснив Гері Старквеатер, що є співробітником компанії Херох. Зробив він його на основі технології раніше створеного копіювального пристрою. Вперше лазерний принтер вийшов друком у 1971 році і іменувався як Херох 9700 Electronic Printing System. У серійне виробництво його випустили через шість років - у 1977 році.

Технологія лазерної друку - це процес, який виконується в два етапи:

- нанесення інформації, що залежить від лазерної головки та фотобарабана;
- закріплення зображення - виконується у блоці термозакріплення.

Процедура відбувається достатньо швидко і буквально протягом 2-3 секунд на аркуші паперу виводиться необхідне зображення.

Нанесення тексту або зображення виконується за допомогою лазерного променя. Він впливає на покриття фотобарабана та намагніченість точково змінюється. Тонер, що стикається з поверхнею барабана і "прилипає" в точках намагніченості. Паперовий лист проходить між фотобарабаном та магнітом, при цьому рівень намагніченості значно вище, ніж такий у барабана і при прокатуванні барабана по листу тонер "перемагнічується" на папір. Щоб остаточно закріпити відбиток картини - папір пропускається через спеціальний нагрівач. Таким чином, тонер нанесений буквально вплавляється в матеріал. [1]

В даний час лазерні принтери, в основі яких лежить електрографічний спосіб формування зображень, є найбільш поширеними при виготовленні різного виду документів. Відбиток, отриманий за допомогою лазерного принтера, характеризується високою стійкістю до зносу та зовнішньої дії (не розмивається і не змивається водою) порівняно з відбитком, отриманим на

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

струменевому принтері, де використовується чорнило, яке не має стійкості до дії води.

					<i>ХП81.13.1470.001</i>	Арк.
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Вимоги діючих стандартів

Виробництво тонера порошку здійснюється відповідно до діючого патенту US6680153B2. Даний стандарт розповсюджується на композиції тонерів та їх процеси, а більш конкретно, даний винахід відноситься до тонера, що складається з полімеру, барвника та стабілізатора. Тонери цього винаходу можна вибрати для відомих методів електрофотографії та процесів друку, включаючи кольорові процеси, цифрові методи та літографію. [2]

Залежно від застосування та необхідності порошкових матеріалів є затверджені національні стандарти:

- ISO 8130-1:2019 «Частина 1. Визначення розподілу частинок за розміром просіюванням»
- ISO 8130-4:1992 «Частина 4. Розрахунок нижньої межі вибуху»
- (ISO 8130-5:1992, «Частина 5. Визначення властивостей потоку порошково-повітряної суміші»

Порошкові матеріали повинні відповідати вимогам НТД. У разі невідповідності показників вологості і дисперсності вимогам НТД порошковий матеріал додатково сушать і просівають. Порошкові матеріали зберігають відповідно до вимог ISO 8130-8:2019. Допускається зберігати порошкові матеріали в апаратах розпилення протягом місяця.

До складу тонера-порошку можуть входити пігменти, добавка проти злежування, добавка для збільшення поверхневого заряду, диспергатор для пігмента та легкоплавкий віск. [3]

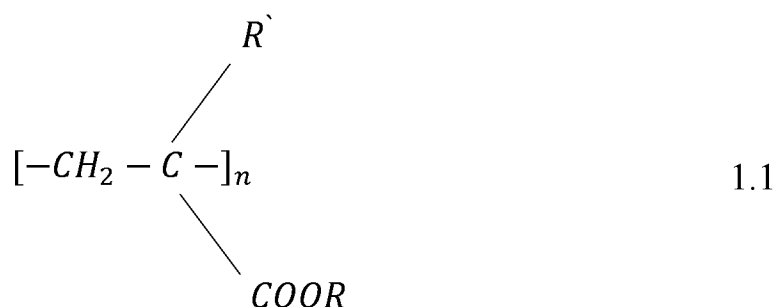
У загальному вигляді рецептура тонера-порошку може бути представлена наступним чином:

					ХП81.13.1470.001	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рецептури тонера і може становити від 40 до 95% від її загальної маси. Найчастіше як полімерні зв'язувальні речовини використовуються полістироли, стирол-акрилові та стирол-метакрилові сополімери, складні поліефіри, епоксиди, поліакрилати та поліуретани. Вони можуть бути використані або окремо, або у вигляді сумішей, виконуючи функцію матриці для різних компонентів тонера. Оскільки полімерні, що використовуються при виробництві тонерів, становлять, як правило, безбарвні, для надання тонеру відповідного забарвлення використовують барвники і пігменти як органічної, так і неорганічної природи.

Так, магнетит використовується в монохромних магнітних тонерах, забезпечуючи тим самим не тільки їх магнітні властивості, а й чорне фарбування. У немагнітних тонерах для надання тонеру характерного кольору використовується сажа. [4]

Для виробництва тонерів застосовують в основному поліакрилати. У загальному вигляді вони відповідають формулі:



Оскільки в даній роботі обрано композицію на основі стирол-акрилату, розглянемо детально компоненти які повинні входити до складу тонера.

Пігменти і наповнювачі в тонерах вводять для додання необхідного кольору, поліпшення захисних якостей, спрямованої зміни механічних, електричних, теплофізичних і інших властивостей покриттів. За допомогою пігментів і наповнювачів одночасно можна впливати і на показники вихідних тонерів - сипучість, схильність до електризації, здатність до нанесення на поверхню тощо.

Вимоги до пігментів і наповнювачів мають наступні характеристики:

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

1.3 Обґрунтування технологічної схеми

Технологія отримання тонера-порошку заснована на використанні процесів диспергування і змішування. Оскільки тонер –багатокомпонентна система, важливою вимогою для неї є однорідність складу, тобто рівність фізичних і хімічних характеристик у всьому обсязі матеріалу. Це досягається гомогенізацією компонентів. Просте механічне змішування, однак, не забезпечує отримання тонера потрібної якості. Необхідний гранулометричний склад тонера і відсутність сепарації при зберіганні, транспортуванні та нанесенні досягаються лише в результаті диспергування твердих компонентів. Диспергування пов'язано з руйнуванням твердих частинок і їх агрегатів, утворенням нової поверхні і вторинною адсорбційною взаємодією частинок однорідних і різнорідних компонентів. Застосовують диспергування в середовищі повітря при низьких температурах, коли всі дисперговані компоненти знаходяться в твердому стані, а в рідкому середовищі (пластифікаторах) при підвищених температурах.

Відповідно до цього визначилися три основних способи отримання тонера сухе змішання компонентів; змішання компонентів в розплаві з подальшим подрібненням сплаву; гомогенізація компонентів в розчині з наступним сушінням отриманого рідкого тонера розпиленням.

Способом змішування компонентів в розплаві можуть бути отримані порошкові склади з будь-яких твердих плівкоутворювачів. Спосіб забезпечує отримання тонерів високої якості, проте він багатостадійний і вимагає застосування дорогого і складного устаткування; крім того, після сплаву компонентів виникає необхідність проведення енергоємної операції-подрібнення сплавів.

Отже в технологічній схемі будуть використовуватися наступні апарати:

- молоткова дробарка для подрібнення вихідного полімеру;
- планетарно-шнековий змішувач компонентів композиції;
- двошнековий екструдер;

										Арк.
										16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХП81.13.1470.001

- молоткова дробарка для помелу після пластикації та охолодження суміші;
- струменевий млин, для тонкого помелу;
- ситовий фільтр

					<i>XП81.13.1470.001</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис вибраної технологічної схеми виробництва та фізико-хімічних процесів, що відбуваються в основному обладнанні

Технологічний процес включає наступні основні операції 1) подрібнення вихідних компонентів; 2) сухе змішання порошкової сировини; 3) змішування компонентів сировинних в розплаві; 4) охолодження сплаву; 5) подрібнення і класифікація; 6) упаковка тонера в тару. При дробленні вихідних компонентів допускається більш грубе дроблення до частинок розміром 0.1-0.5 мм. Для отримання таких порошоків у вітчизняній практиці знайшли застосування молоткові дробарки ММ-43, ДМ-63, млин ЛДМ-1А, дезінтегратори, а за кордоном дробарки «Кондукс», «Бройсрс», «Бусс» і ін. [6]

Оскільки вихідний полімер закуповується в вигляді гранул, для його подрібнення будемо використовувати молоткову дробарку ММ-70.

Дробарка ММ-70 (рис.2.1) складається з корпусу 3 всередині якого встановлено ротор 4 з шарнірно підвішеними молотками 5. Через завантажувальну воронку-патрубок 1 в корпус дробарки завантажується матеріал, який подрібнюється від удару молотків 5 і удару летючих частинок матеріалу об відбійні плити 2. Частинки подрібненого матеріалу, що відкидаються на колосникову решітку 6, або провалюються через отвори в ній, або (якщо їх розмір занадто великий) знову підхоплюються молотками ротора, і подрібнення продовжується.

Корпус дробарок зазвичай роблять зварним з внутрішнім футеруванням із зносостійкого матеріалу. З такого ж матеріалу виготовляють і відбійні плити, які встановлюють на шарнірах, що дозволяють регулювати положення плит щодо траєкторії руху подрібненого матеріалу.

Ротор виготовляється збірним з окремих дисків, між якими на осях в шаховому порядку встановлюють молотки. У кожному ряду розташовується від 4 до 8 молотків.

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХП81.13.1470.001

помел не потрібен.

Попереднє змішання компонентів у вигляді порошку полегшує подальше їх дозування і сприятливо позначається на однорідності й якості тонера. Цю операцію проводять на стрічкових, планетарно-шнскових або відцентрових змішувачах типу МК-1000.

Будемо використовувати планетарно-шнековий змішувач DBXE-200R.

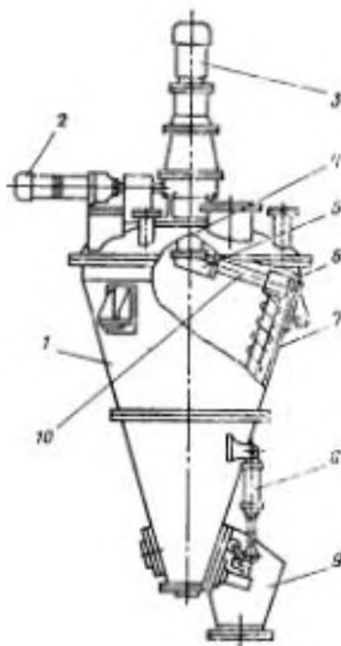


Рисунок 2.2 – конструктивна схема змішувача DBXE-200R.

Змішувач з планетарно-шнековою мішалкою складається з наступних основних частин (рис. 2.2): конічного корпусу 1, кришки 4, приводу шнека 3, приводу водила 2, шнека 7, запірною механізмом 8 і коробки 9. Шнек 7, який одержує обертання навколо власної осі від мотор-редуктора 3 через дві пари конічних шестерень (знаходяться в коробках передач 5 н 6), здійснює планетарне обертання навколо осі корпусу змішувача від мотор-редуктора 2 через черв'ячний редуктор, пари конічних шестерень і водило 10. Верхній кінець валу шнека 7 має опору в коробці передач 6, а нижній в шарнірній опорі, закріпленій в нижній частині корпусу змішувача. Приводи шнека і водила змонтовані на кришці корпусу змішувача 4.

Найбільш важлива і відповідальна операція - змішання компонентів у

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

розплаві. Змішання проводять в обертових апаратах змішувачах екструзійного типу. Найбільше застосування у виробництві тонерів отримали двочерв'ячні змішувачі безперервної дії. Останні дозволяють здійснювати змішання з великою швидкістю при досить високій в'язкості розплавів ($10^3 - 10^5$ Па*с). З огляду на те що в екструзійній камері знаходиться невелика кількість матеріалу, забезпечується хороша передача теплоти і рівномірність обігріву всієї маси. Завдяки особливій конструкції змішувачів (багатофільна система черв'яків, їх щільне сполучення між собою і з корпусом), в них розвивається велике зусилля зсуву. [7]

В даній роботі було обрано екструдер 2БК-83, який гарно підходить для даної стадії технологічного процесу.

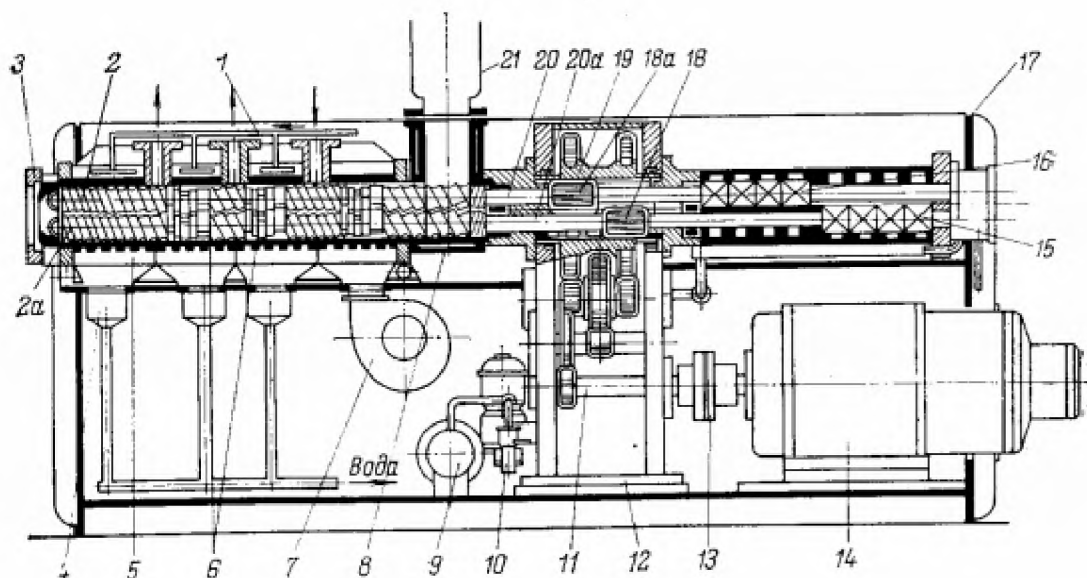


Рисунок 2.3 – конструктивна схема екструдера 2БК-83.

Екструдер 2БК-83 (рис. 2.3) складається із зварної станини 17, вікна якої закриті легкими щитками з жалюзьями, встановленими на ущільнюючих гумових прокладках. Складальні черв'яки 2 і 2а встановлені на валах 20 і 20а, що проходять через всю машину від гранулюючої головки 3 до блоків опорних підшипників 15 і 16. Кожен блок складається з комплекту чотирьох опорних підшипників з циліндричними роликами, стягнутими між собою тарілчастими пружинами, і чотирма голчастими підшипниками. Блоки опорних підшипників зсунені відносно

один одного, що дозволяє збільшити їх діаметри. Привід черевиків здійснюється циліндричними прямозубими колесами 18 і 18а, насадженими зі зсувом на всю ширину на валів 20 і 20а і знаходяться в зчепленні з широкою шестернею що має внутрішні зуби 19, яка встановлена на голчастих підшипниках в корпусі редуктора 12 таким чином, що вали обох черв'яків проходять всередині шестерні.

Змащування зубчатих передач і роликкових підшипників здійснюється розпиленням масла в корпусі редуктора. Опорні підшипники черв'яків змащуються маслом від централізованої циркуляційної системи 10 з охолодженням і фільтрацією масла в баку 9. Робочі елементи черв'яків - є окремими секціями трьохзаходних черв'яків і комплектами з трикутних овальних кулачків, зміщених один відносно одного на 30° , таким чином, що їх вершини розташовуються по гвинтовій лінії, що є як би продовженням гребня гвинтового каналу черв'ячної секції. Комплекти черв'ячних і кулачкових секцій встановлюються на шпонках на робочу ділянку пустотілого черв'ячного валу, всередині якого циркулює охолоджуюча вода.

Така конструкція черевиків дозволяє, підбираючи потрібну послідовність профілів різних ділянок, виробляти на машині різні технологічні операції: змішання, пластикацію, диспергування, дегазацію в будь-якій необхідній послідовності.

При обертанні черв'яків розплав захоплюється нижнім кулачком і проштовхується в міжкулачковий простір, в якому він піддається інтенсивній деформації зсуву (рис. 2.4,б). Після цього до верхнього кулачка виноситься розплав з міжкулачкового зазору і він транспортує його всередині корпусу (рис. 2.4,в). При цьому порція розплаву що знаходиться перед виступом кулачка піддається додаткової деформації зсуву.

						ХП81.13.1470.001	Арк.
							22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

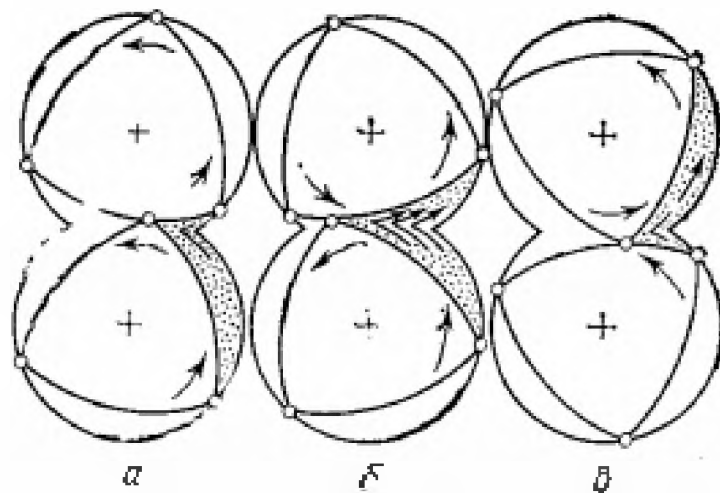


Рисунок 2.4 - схема профілів і взаємного розташування кулачків по змішуванню матеріалу.

Корпус складається з окремих секцій 6, які спираються на циліндричні колони, що з'єднуються болтами. Одна із секцій має завантажувальне вікно, над яким встановлено завантажувальний бункер 21 (див. рис. 2.3). У трьох секціях є отвори з патрубками для видалення летких речовин. Для збільшення поверхні охолодження в корпусі по всій його довжині прорізані радіальні канавки, що роблять його поверхню ребристою. На ребра корпусу надягають блоки нагрівальних елементів, вбудованих в алюмінієві корпуси. Охолодження корпусу здійснюється за допомогою чотирьох вентиляторів 7, що підводять повітря до кожної теплової зони.

Випускаються також і екструдери з водяним охолодженням корпусу, яке складається з колектора для підведення охолоджуючої води 1, камери 5 і піддона 4, звідки вода надходить в зливний колектор.

Регулювання температури здійснюється за допомогою системи теплової автоматики, що складається з комплекту термопар, дозаторів потужності і апаратури управління. Для охолодження зони завантаження є водяна сорочка 8. У агрегатах, розрахованих на живлення готовим розплавом, обігрів корпусу здійснюється парою або перегрітої водою, що надходить в колектор 1. У бункері машини встановлений трилопатний живильник з приводом від індивідуального

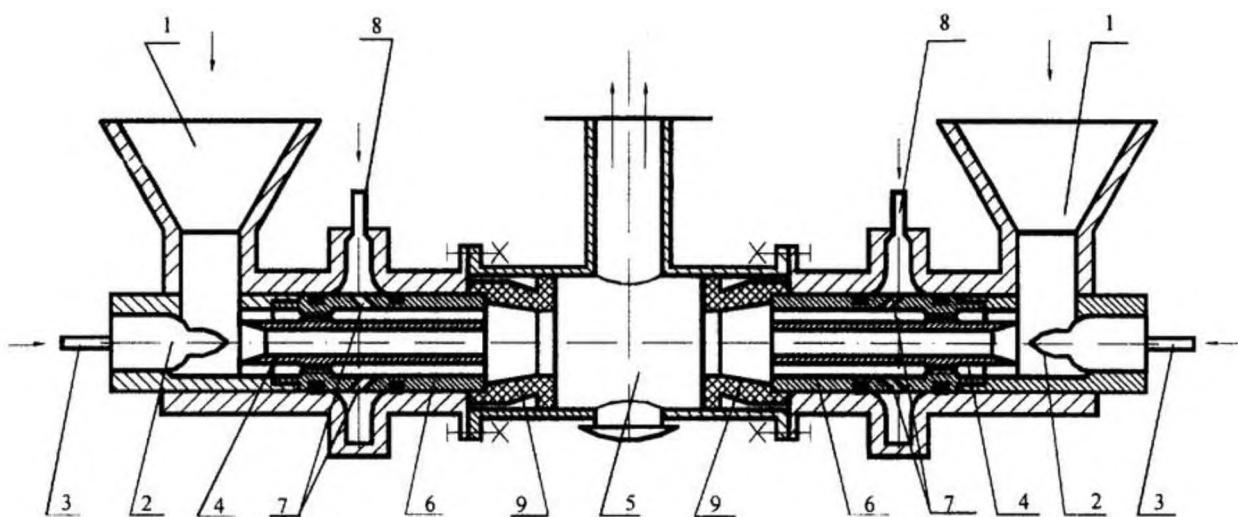


Рисунок 2.5 - конструкція млина V02C:

Протиточний струменевий млин V02C (рис. 2.5) містить бункери 1 вихідного матеріалу, в які вбудовані осьові сопла 2 інжекторів для подачі основного енергоносія (повітря для подрібнення), з'єднані з основним приладом для подачі повітря 3, що входить до розгінних трубок 4, що співвісно введені в протиточну помольну камеру 5. До коаксіальних розгінних труб 4 відповідно розташовані підпірні патрубки 6 з вбудованими соплами 7 для подачі додаткового енергоносія, з зазором, що створює канал зовнішньою поверхнею розгінних трубок і внутрішньою поверхнею підпірних патрубків, сопла яких сполучені з додатковим повітроводом 8, при цьому підпірні патрубки 6 на вході в протиточну помольну камеру 5 забезпечені obtискними насадками 9, кожна з яких виконана у вигляді усіченого конуса з кільцевих елементом на меншій основі і з кільцевим елементом на більшій основі для жорсткого закріплення на підпорному патрубку 6, зовнішня поверхня кільцевого елемента на меншій основі спирається по периметру на внутрішню поверхню протиточної помольної камери 5. [9]

Надалі йде остаточна фільтрація компонентів на віброситах. Оберемо вібросепаратор СВК, що має наступну конструкцію (рис. 2.6):



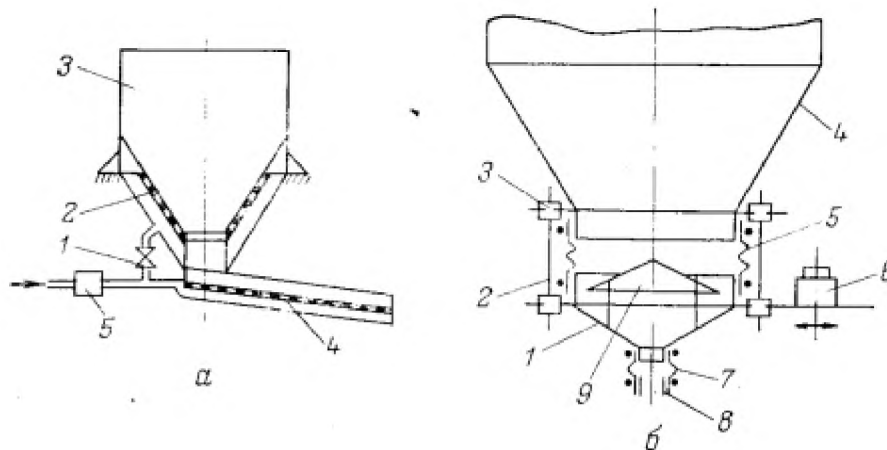
Рисунок 2.6 – ситового фільтра СВК:

Сипуча маса рівномірно подається через верхній центральний патрубок за допомогою пристрою живлення в сито.

Послідовно проходячи через кілька сит з різними розмірами пор, вихідний продукт поділяється на фракції завдяки коливанням вібраційної рами. Частки розміром менше пори сита - проходять крізь нього, а більші - затримуються на ситах і під впливом коливань відводяться через бічний патрубок.

Основне обладнання, призначене для зберігання сипучих інгредієнтів, складають бункера, які в залежності від призначення поділяються на бункера складського зберігання та витратні бункера систем автоматичного дозування. Ємність і число бункерів, що встановлюються на заводському складі, визначається потужністю підприємства, оскільки запас сировини на складі повинен забезпечувати 10-15-добову роботу підприємства. До вихідних апаратів сировина подається з бункерів для зберігання. Між обладнанням періодичної та безперервної дії знаходяться бункери накопичення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



a – з аераційним розпушувачем, *б*- з подвійним вібруючим конусом.

Рисунок 2.8 – прилад для вивантаження матеріалу з бункерів

При досить хорошій сипучості сировини (властивої, наприклад, гранульованим пластмасам) його вивантаження з бункера можна робити, не застосовуючи ніяких додаткових, пристроїв. В цьому випадку над секторним дозатором встановлюють шлюзовий затвор з пневмоприводом та дистанційною системою управління.

Для вивантаження з бункерів матеріалів, схильних до злежуваності, застосовують аерацію матеріалу потоком повітря і вібраційні пристрої (рис. 2.8). У аераційних розпушувачі (рис. 2.8, а) повітря подають через фільтр 5, розподільну заслінку 1 і перфороване днище 2 в нижню частину бункера 3. Швидкість повітряного потоку повинна бути досить велика для того, щоб матеріал в бункері перейшов в псевдозріджений стан. Під дією сили тяжіння матеріал переміщається і надходить з бункера по похилим перфорованим трубопроводам 4 безпосередньо в технологічне обладнання або на дозування.

Механічні вібраційні пристрої встановлюють як поза бункером, так і всередині нього. Ці пристрої включають в роботу тільки під час відбору матеріалу з бункера, так як в противному випадку відбувається лише додаткове ущільнення матеріалу. Розвантажувальний вібраційний пристрій з подвійним вібруючим конусом (рис. 2.8,б) включає в себе конічний приймач, закріплений на стійках 2 через віброізоляційні прокладки 3 на вихідному патрубку бункера 4. Герметичність

з'єднання забезпечується еластичним ущільненням 5. Приймач 1 і встановлений в ньому конус-розсікач 9 переходять в коливальний рух з амплітудою 10 мм і частотою до 500 Гц за допомогою механічного або гідравлічного вібратора 6. з Матеріал з бункера вивантажується через розвантажувальний патрубок 8 з ущільненням 7. При роботі вібратора приймач 1 коливається в горизонтальній площині. Завдяки цьому матеріал не зависає в вихідному конусі бункера, ліквідується його ущільнення і створюються оптимальні умови для його вільного і рівномірного руху.

Транспортування між апаратами здійснюється за допомогою пневмотранспорту. Пневмотранспорт отримав особливо широке поширення за останні тридцять років, і в даний час він практично повністю витіснив на підприємствах з переробки пластмас всі інші види транспорту (конвеєри, транспортери). Широке застосування пневмотранспорту пояснюється наступними причинами: 1) можливістю переміщення сипучих матеріалів в горизонтальному, похилому і вертикальному напрямках; 2) герметичністю трубопроводів і відсутністю втрат матеріалів, що транспортуються; 3) порівняно простотою конструкцією, обслуговуванням і експлуатацією при незначних площах і обсязі будівель; 4) можливістю повної автоматизації процесу транспортування і розподілу матеріалу по бункерах; 5) можливістю поєднання транспортування матеріалу з його сушінням підігрітим повітрям.

Пневматичні транспортні установки можуть бути всмоктуючими (вакуум-транспорт) і нагнітальними (пневмотранспорт). Принципової різниці між цими системами немає, оскільки в обох випадках рушійною силою є різниця тисків на вході і на виході з трубопроводу, що забезпечує потрібну швидкість повітряного потоку.

У нагнітальних системах джерело рушійної сили: є вентилятор, повітродувки або компресор, які розташовуються на початку установки, а у всмоктуючих системах (вакуум-насос) - в кінці, біля місця вивантаження. У першому випадку перепад тиску в системі може досягати 0,3 МПа, так як більш густе повітря краще підтримує перемішування матеріалу, що важливо при великій

довжині трубопроводів. У другому випадку максимальний перепад тисків не перевищує 0,04 - 0,05 МПа, тому такі системи застосовують для транспортування сировини на невеликі відстані.

На основі обраного наведемо наступні норми технологічного режиму:

Таблиця 2.1 - Норми технологічного режиму для обраного обладнання.

Назва технологічного процесу	Час, хв (у випадку подрібнення – на 1000 кг матеріалу)	Температура, °С	Тиск, МПа	Розмір частинок, мм	Частота обертання ротора, об/хв
1. Подрібнення вихідного полімеру	20	Кімнатна	-	0.1	200
2. Змішування компонентів в планетарно-шнековому змішувачі	15	Кімнатна	-	-	210
3. Змішування компонентів в розплаві					
- температура по зонах:					
- зона №1	-	70	-	-	-
- зона №2	-	110	-	-	-
- зона №3	-	125	-	-	-

Продовження таблиці 2.1

- температура головки	-	125	-	-	-
- температура полімеру на виході з головки	-	125	-	-	-
- тиск у головці	-	-	1,97	-	-
- двигун	-	-	-	-	120
4. Попереднє подрібнення суміші	25	Кімнатна	-	0.1	200
5. Подрібнення в струменевому млині	10	50	0.75	0.01-0.02	-
6. Фільтрація	5	Кімнатна	-	0.01	300

Данні технологічні режими обрані у відповідності з фізико-механічними параметрами композиції. Частота обертання роторів підібрана для отримання потрібного розміру часток і визначена відповідно до технологічної документації на апарати. Температура в екструдері обрана відповідно до температури розм'якшення (70 °С) та пластикацій суміші (120 °С). Температура переробки не повинна перевищувати 140 °С – температура отвердження. [10]

Для збереження необхідної кондиції тонера необхідно дотримуватися таких основних умов їх зберігання:

- 1) упаковувати в герметичну водонепроникну тару;
- 2) зберігати в складських приміщеннях, що виключають потрапляння прямих сонячних променів і вологи;
- 3) температура зберігання не повинна перевищувати 25 °С (в ряді країн встановлено температура 35 °С).

2.2 Матеріальний баланс виробництва

2.2.1. Визначення фонду часу роботи обладнання

а) Розрахунок режимного фонду часу роботи обладнання:

$$T_{\text{реж}} = T_{\text{календ}} - T_{\text{сввих}} = 365 - 11 = 354 \text{ днів} \quad (2.1)$$

де $T_{\text{календ}}$ – календарний фонд часу, 365 днів;

$T_{\text{сввих}}$ – кількість святкових та вихідних днів, 11 днів.

б) Ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$\begin{aligned} T_{\text{еф}} &= \left((T_{\text{реж}} - T_{\text{рем}}) \cdot T_{\text{зм}} - T_{\text{скр}} * \tau_{\text{скр}} \right) * K_{\text{зм}} = \\ &= \left((354 - 12) \cdot 8 - 10 * 1 \right) * 3 = 8\,178 \text{ год.} \end{aligned} \quad (2.2)$$

де $T_{\text{рем}}$ – час, необхідний для обслуговування обладнання, 12 днів;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, 8 год;

$T_{\text{скр}}$ – кількість скорочених днів, 10 днів;

$\tau_{\text{скр}}$ – час скорочення зміни в передсвяткові дні, 1 година;

$K_{\text{зм}}$ – кількість змін, 3 зміна.

с) Коефіцієнт використання обладнання в часі:

$$\eta = \frac{T_{\text{еф}}}{T_{\text{реж}}} \quad (2.3)$$

$$\eta = \frac{8\,178}{354 * 24} = 0,9626$$

2.2.2. Складання матеріального балансу виробництва тонера-порошку

а) Розрахунок нормативного витратного коефіцієнта на 1 тону готової продукції

$$K_p = 1 + (K_{\text{рл}} + K_{\text{рв}} + K_{\text{рпв}} + K_{\text{рнв}}) = \quad (2.4)$$

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

$$= 1 + (0,015 + 0,02 + (-0,015) + 0,017) = 1,037$$

де K_p – нормативний витратний коефіцієнт;

$K_{рл}$ – коефіцієнт, що враховує витрату легких продуктів, 0,015 ;

$K_{рв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати при різанні та дробленні виробів, 0,02;

$K_{рпв}$ – коефіцієнт, що враховує переробку відходів, -0,015;

$K_{рнв}$ – коефіцієнт, що враховує невикористані технологічні відходи, 0,017.

b) Основна сума нормативних коефіцієнтів:

$$K_{осн} = K_{рл} + K_{рв} + K_{рпв} + K_{рнв} = \quad (2.5) \\ = 0,009 + 0,03 + (-0,015) + 0,01 = 0,037$$

c) Розрахунок норм витрат сировини на виробництво 1000 кг композиції тонера-порошку:

$$H_p = K_p \cdot m \cdot 1000 = 1,037 \cdot 1 \cdot 1000 = 1\,037 \text{ кг} \quad (2.6)$$

де m – вага композиції (1 кг).

d) Розрахунок норм витрат сировини на 1 кг продукції:

$$H_{рп} = \frac{H_p}{1000} = \frac{1\,037}{1000} = 1,037 \text{ кг.} \quad (2.7)$$

e) Річна норма сировини:

$$Q_{річ} = H_{рп} \cdot N = 1,037 \cdot 424\,800 = 440\,517,6 \text{ кг} \quad (2.8)$$

де N - кількість виробів, що випускається за рік, в нашому випадку виробляється 424 800 кг продукції в рік.

f) Визначення основних технологічних витрат при виготовленні тонера:

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

Таблиця 2.2-Матеріальний баланс сировини

Сировина		Виготовлення тонера			
Прихід		Прихід		Витрати	
Склад	кг/рік	Склад	кг/рік	Склад	кг/рік
Композиційна суміш	440517,6	Тонер-порошок	440517,6	Продукція	424800
				На летючі	6 371
				На різання та дроблення	8496
				На відходи, що переробляються	-6371
				На невикористані відходи	7221
Всього:	440517,6	Всього	440517,6	Всього	440517,6

2.2.3. Складання погодинного матеріального балансу

а) Визначимо масу тонера-порошку, що випускаються в місяць, добу, зміну та за годину:

– у місяць:

$$x_{\text{місяць}} = \frac{N}{12} = \frac{424\,800 \text{ кг}}{12} = 35\,400 \text{ кг} \quad (2.14)$$

– за добу:

$$x_{\text{доба}} = \frac{x_{\text{місяць}}}{30} = \frac{35\,400 \text{ кг}}{30} = 1\,180 \text{ кг} \quad (2.15)$$

– за зміну:

$$x_{\text{зміна}} = \frac{x_{\text{доба}}}{Z} = \frac{1\,180 \text{ кг}}{3} = 393,3 \text{ кг} \quad (2.16)$$

– за годину:

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001					

$$x_{\text{годину}} = \frac{x_{\text{зміна}}}{t} = \frac{393,3 \text{ кг}}{8} = 49,162 \text{ кг} \quad (2.17)$$

Аналогічно проводимо розрахунки по втратах на різних стадіях виробництва (кг) підставляючи замість N річні втрати сировини з таблиці 2.2.

Визначено витрати сировини за місяць, добу, зміну, годину. Результати зводимо в таблицю 2.3.

б) Визначимо втрати на летючі матеріали в місяць, добу, зміну та за годину:

– у місяць:

$$x_{\text{місяць}} = \frac{x_{\text{рл}}}{12} = \frac{6\,371 \text{ кг}}{12} = 530,9 \text{ кг} \quad (2.18)$$

– за добу:

$$x_{\text{доба}} = \frac{x_{\text{місяць}}}{30} = \frac{530,9 \text{ кг}}{30} = 17,69 \text{ кг} \quad (2.19)$$

– за зміну:

$$x_{\text{зміна}} = \frac{x_{\text{доба}}}{3} = \frac{17,69 \text{ кг}}{3} = 5,89 \text{ кг} \quad (2.20)$$

– за годину:

$$x_{\text{годину}} = \frac{x_{\text{зміна}}}{8} = \frac{5,89 \text{ кг}}{8} = 0,737 \text{ кг} \quad (2.21)$$

с) Визначимо втрати при різанні та дробленні в місяць, добу, зміну та за годину

– у місяць:

$$x_{\text{місяць}} = \frac{x_{\text{рв}}}{12} = \frac{8496 \text{ кг}}{12} = 708 \text{ кг} \quad (2.22)$$

					<i>XП81.13.1470.001</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за добу:

$$x_{\text{доба}} = \frac{x_{\text{місяць}}}{30} = \frac{708 \text{ кг}}{30} = 23,6 \text{ кг} \quad (2.23)$$

- за зміну:

$$x_{\text{зміна}} = \frac{x_{\text{доба}}}{Z} = \frac{23,6 \text{ кг}}{3} = 7,866 \text{ кг} \quad (2.24)$$

- за годину:

$$x_{\text{годину}} = \frac{x_{\text{зміна}}}{t} = \frac{7,866 \text{ кг}}{8} = 0,9833 \text{ кг} \quad (2.25)$$

d) Визначимо кількість відходів, що переробиться в місяць, добу, зміну та за годину:

- у місяць:

$$x_{\text{місяць}} = \frac{x_{\text{рпв}}}{12} = \frac{6371 \text{ кг}}{12} = 530,91 \text{ кг} \quad (2.26)$$

- за добу:

$$x_{\text{доба}} = \frac{x_{\text{місяць}}}{30} = \frac{3\,281,25 \text{ кг}}{30} = 109,375 \text{ кг} \quad (2.27)$$

- за зміну:

$$x_{\text{зміна}} = \frac{x_{\text{доба}}}{Z} = \frac{109,375 \text{ кг}}{3} = 36,458 \text{ кг} \quad (2.28)$$

- за годину:

					<i>ХП81.13.1470.001</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_{\text{годину}} = \frac{x_{\text{змiна}}}{t} = \frac{36,46 \text{ кг}}{8} = 0,737 \text{ кг} \quad (2.29)$$

е) Визначимо втрати невикористаних відходів у місяць, добу, зміну та за годину:

– у місяць:

$$x_{\text{місяць}} = \frac{x_{\text{рiвн}}}{12} = \frac{7221 \text{ кг}}{12} = 601,75 \text{ кг} \quad (2.30)$$

– за добу:

$$x_{\text{доба}} = \frac{x_{\text{місяць}}}{30} = \frac{601,75 \text{ кг}}{30} = 20,058 \text{ кг} \quad (2.31)$$

– за зміну:

$$x_{\text{змiна}} = \frac{x_{\text{доба}}}{Z} = \frac{20,058 \text{ кг}}{3} = 6,68 \text{ кг} \quad (2.32)$$

– за годину:

$$x_{\text{годину}} = \frac{x_{\text{змiна}}}{t} = \frac{6,68 \text{ кг}}{8} = 0,8357 \text{ кг} \quad (2.33)$$

Таблиця 2.3 - Машинозйом

Втрати та витрати					
Склад	кілограми				Всього, кг
	Година	Зміна	Доба	Місяць	
Тонер-порошок	49,162	393,3	1 180	35 400	424800
На летючі матеріали	0,737	5,899	17,69	530,91	6 371
При різанні та дробленні	0,9833	7,866	23,6	708	8496
Переробка відходів	-0,737	-5,899	-17,69	-530,91	-6371
Невикористані втрати	0,8357	6,68	20,058	601,75	7221
Всього	47,338	378.7	1 136,2	34 087,8	440 517,6

Заходи з економії сировини та матеріалів наступні:

- максимальне використання технологічних відходів виробництва;
- розвиток безвідходної технології;
- автоматизація технологічного процесу;
- налагоджена ритмічна робота постачання відходів на лінію переробки;
- використання пневмотранспорту тощо.

2.3. Складання рецептури тонера-порошку та матеріального балансу виробництва

Відповідно до US6680153B2 обраний тонер має наступний склад та характеристики наведені в таблиці 2.4.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001					

Таблиця 2.4 – Призначення інгредієнтів композиції

Компонент	Призначення матеріалу
Стирол-акрилат	Основний полімер
Легкоплавкий віск	Модифікатор
Luna-charge 2485	Добавка ССА
Гідрофобізований кремнезем	Поверхнева добавка
Оксид заліза чорний 760	Пігмент
Hi-WAX™ 420P	Диспергатор для пігмента

Обрана композиція відповідно до складу має наступні фізико-механічні властивості наведені в таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 - Фізико-механічні властивості:

Показник	Значення	Стандарт за яким визначається
Міцність при розтягуванні, МПа	54	ГОСТ 14236-81
Еластичність по Еріксену, мм	3	ГОСТ 10510-80
Адгезійна міцність на:		ГОСТ 27890-88
алюмінії, Н / м	45	
на сталі (метод грибоків), МПа	40	

Продовження таблиці 2.5

Діелектрична проникність	4	ГОСТ 8.623-2015
Тангенс кута діелектричних втрат	0,019	ГОСТ 8.623-2015
Питомий об'ємний електричний опір, Ом *м	10 ¹⁷	ГОСТ 6433.2-71
Електрична міцність, МВ / м	25	ГОСТ 22756-77

Температура склування композиції складає 60 °С, пластикації – 120 °С.

Для того щоб визначити наважку інгредієнтів на одне завантаження необхідно знати його загальну масу G (у кг). Яка залежить від ємності устаткування V (л) і густини тонера ρ (кг/м³) і обчислюється за формулою 2.34:

$$G = V * \rho \quad (2.34)$$

Ємність завантаження вибираємо, виходячи з практичних даних. Густина тонера розраховується по густині компонентів, що входять до її складу; для чого сумарну масу всіх інгредієнтів, ділять на їх сумарний об'єм.
[11]

Наважка інгредієнтів (p) на одне завантаження обчислюється по масовим відсоткам або з наступної пропорції

$$\frac{q - p}{\sum q} = G$$

Звідки

						ХП81.13.1470.001	Арк. 41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$p = q / \sum q \quad (2.35)$$

де q - кількість мас. ч. інгредієнту на 100 мас. ч. олігомеру ; $\sum q$ - сума мас.ч. всіх інгредієнтів у рецепті; G - маса завантаження, кг.

Таблиця 2.6 – Розрахунок наважок інгредієнтів на одне завантаження

Найменування інгредієнтів	Кількість ваго-вих частин на 100 мас. ч. олігомеру	Масові, %	Густина компонентів, г/см ³	Об'єм інгредієнтів, см ³	Об'єми, %	Розрахункова нава-жка інгредієнту на одне завантаження, кг
Стирол-акрилат	100	65	1,16	86,2	69,41	59,8408
Легкоплавкий віск	7	4,5	1,12	4,46	3,591	3,20675
Luna-charge 2485	0,5	0,3	1,527	2,62	2,109	1,38169
Гідрофобізований кремнезем	2,3	1,5	1,33	0,75	0,603	0,4541
Оксид заліза чорний 760	43	28	1,09	18,34	14,76	13,5494
Hi-WAX™ 420P	1,2	0,7	1,36	11,01	8,866	6,51923
Всього	154	100	1,1814	124,18	100	85,4674

2.4 Розрахунок технологічних та конструктивних параметрів виробництва

2.4.1 Технологічна характеристика

Діаметр шнека: 50 мм.

Відношення: L/D=20.

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001					

Швидкість обертів: 120 об/хв.

Перероблюваний матеріал: композиційна суміш П-ЕП-177.

Температура переробки матеріалу: 125⁰С.

Габаритні розміри, мм: 5020×1300.

Вагова продуктивність: 50 кг/год.

Потужність двигуна: 25,72 кВт.

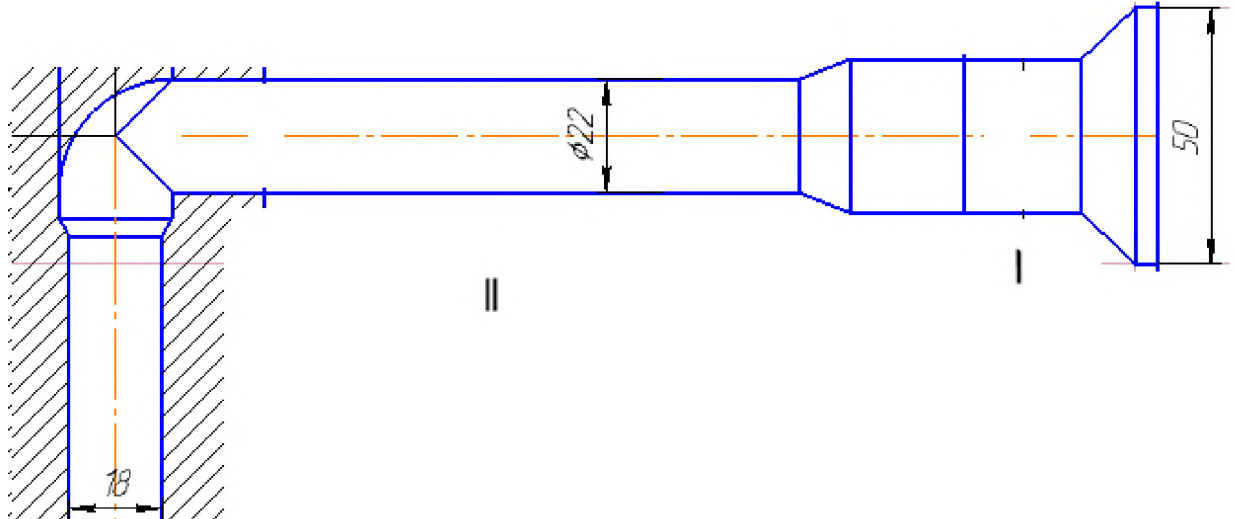
Час розігріву: 35 хв.

Потужність нагрівників: 576,57 Вт.

2.4.2 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки

Канал головки розбивається на ряд послідовних ділянок простої геометрії, для кожного з яких визначається коефіцієнт геометричної форми.

Розіб'ємо канал головки на такі ділянки:



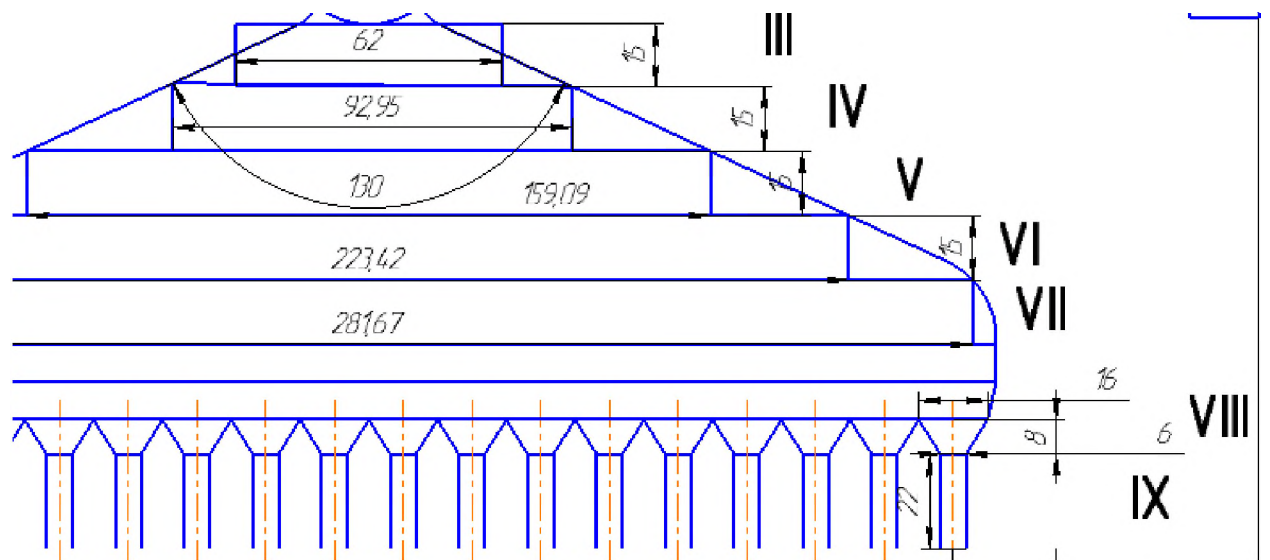
a).

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XП81.13.1470.001

Арк.

43



б).

Рисунок 2.9 – конструкція каналів екструзійної головки, по зонам

I. Круглий циліндричний канал: $L=4,5$ мм, $d=50$ мм

$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 50^4}{128 \cdot 4,5} = 5716,2 \text{ мм}^3 \quad (2.36)$$

II. Круглий циліндричний канал

$L=43,5$ мм, $d=26$ мм

$$K_2 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 26^4}{128 \cdot 43,5} = 257,71 \text{ мм}^3 \quad (2.37)$$

III. Круглий конічний канал з великим діаметром на вході

$L=11$ мм, $D=26$ мм, $d=22$ мм

$$K_3 = \frac{3\pi d^3 D^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)} = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 22^3 \cdot 26^3}{128 \cdot 11 \cdot (26^2 + 22 \cdot 26 + 22^2)} = 722,92 \text{ мм}^3 \quad (2.38)$$

IV. Круглий циліндричний канал

$L=109$ мм, $d=22$ мм

$$K_4 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 22^4}{128 \cdot 109} = 52,72 \text{ мм}^3 \quad (2.39)$$

V. Плоский щілинний канал

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XП81.13.1470.001

Арк.

44

Розділимо дану ділянку на ряд послідовних ділянок та розрахуємо K для кожної з них ($h=18\text{мм}$, $L=20\text{мм}$) за формулою: $K_5 = \frac{bh^3}{12L}$ (2.40)

- 1) $b=32,6242 \text{ мм}$, $K_1 = 792,76806 \text{ мм}^3$;
- 2) $b=118,3415 \text{ мм}$, $K_2 = 2875,69845 \text{ мм}^3$;
- 3) $b=204,1217 \text{ мм}$, $K_3 = 4960,15731 \text{ мм}^3$;
- 4) $b=281,9968 \text{ мм}$, $K_4 = 6852,52 \text{ мм}^3$.

$$\text{Тоді загальна } K_5 = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4}} = 511,09 \text{ мм}^3 \quad (2.41)$$

VI. Плоский щілинний канал

$$L=7,5\text{мм}, h=16 \text{ мм}, b=292\text{мм}$$

$$K_6 = \frac{bh^3}{12L} = \frac{292 \cdot 16^3}{12 \cdot 7,5} = 13289,24 \text{ мм}^3$$

VII. Плоский щілинний канал

$$L=9\text{мм}, h=16 \text{ мм}, b_1=292\text{мм}, b_2=288 \text{ мм}$$

Розділимо дану ділянку на 2 частини, для кожної з яких знайдемо значення K .

$$K_1 = \frac{bh^3}{12L} = \frac{292 \cdot 16^3}{12 \cdot 9} = 11074,4 \text{ мм}^3$$

$$K_2 = \frac{bh^3}{12L} = \frac{288 \cdot 16^3}{12 \cdot 9} = 10922,7 \text{ мм}^3$$

$$\text{Тоді загальна } K_7 = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}} = 5500,6 \text{ мм}^3$$

VIII. Круглий конічний канал з великим діаметром на вході

$$L=8\text{мм}, D=16 \text{ мм}, d=6\text{мм}$$

$$K_8 = n_{\text{отв}} \cdot \frac{3\pi d^3 D^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)} = 18 \cdot \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 6^3 \cdot 16^3}{128 \cdot 8 \cdot (16^2 + 16 \cdot 6 + 6^2)} = 18 \cdot 20,98 =$$

$$377,64 \text{ мм}^3 \quad (2.42)$$

IX. Круглий циліндричний канал

$$L=22\text{мм}, d=6 \text{ мм}$$

$$K_9 = n_{\text{отв}} \cdot \frac{\pi d^4}{128L} = 18 \cdot \frac{3,14 \cdot 6^4}{128 \cdot 22} = 18 \cdot 1,45 = 26,1 \text{ мм}^3$$

						ХП81.13.1470.001	Арк. 45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Сумарне значення:

$$K_{\text{заг}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} + \frac{1}{K_7} + \frac{1}{K_8} + \frac{1}{K_9}} =$$
$$= \frac{1}{\frac{1}{5716} + \frac{1}{257,7} + \frac{1}{722,9} + \frac{1}{52,7} + \frac{1}{511,1} + \frac{1}{13289} + \frac{1}{5500,6} + \frac{1}{377,6} + \frac{1}{26,1}} =$$
$$= 14,79 \text{ мм}^3$$

2.4.3 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка

1. Довжина черв'яка повинна відповідати: $L = D \left(\frac{l_p}{D} \right) = 32 * 20 =$
1000 мм

2. Довжина зони дозування l_d

$$l_d = 0,4 * l_p = 0,4 * 1000 = 400 \text{ мм}$$

3. Довжина зони завантаження l_3

$$l_3 = 0,25 * l_p = 0,25 * 1000 = 250 \text{ мм}$$

4. Довжина зони пластикації l_{Π}

$$l_{\Pi} = L - l_d - l_3 = 1000 - 250 - 400 = 350 \text{ мм}$$

5. Крок нарізки витків t

$$t = D = 50 \text{ мм}$$

									Арк.
									46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D} = \operatorname{arctg} \frac{50}{\pi \cdot 50} = 17,6 \text{ рад}$$

$$17,6 \text{ рад} - 72^{\circ}$$

1. Коефіцієнти, що враховують вплив бокових стінок і кривизни гвинтового каналу на потік

$$w = 2 \cdot \pi \cdot N = 2 \cdot 3.14 \cdot 25,72 \cdot 10^3 = 161\,603 \text{ Вт}$$

m – число заходів черв'яка, 3

$$\begin{aligned} Fd &= \frac{16 \cdot w}{\pi^3 \cdot h} * \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2m+1)^3} th * \left(\frac{2m+1}{2w} \pi h \right) \right) = \\ &= \frac{16 \cdot 161\,603}{3.14^3 + 7 \cdot 10^{-2}} * \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2 \cdot 3 + 1)^3} * 7 \cdot 50 \cdot 10^{-4} * \right. \\ &\quad \left. * \left(\frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 161\,603} * 3.14 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \right) \right) = 0.0005789 \text{ м}^3 = 578.9 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fp &= 1 - \frac{192 \cdot h}{\pi^5 \cdot w} * \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2m+1)^5} th * \left(\frac{2m+1}{2h} \pi w \right) \right) = \\ &= 1 - \frac{192 \cdot 7 \cdot 10^{-2}}{3.14^5 \cdot 161\,603} * \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2 \cdot 3 + 1)^5} * 7 \cdot 50 \cdot 10^{-4} * \right. \\ &\quad \left. * \left(\frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 7 \cdot 10^{-2}} * 3.14 \cdot 161\,603 \right) \right) = 0.9998 \text{ м}^3 \\ &= 999.9 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc &= \frac{D}{2h} - \frac{\ln \frac{1}{1 - 2h/D}}{\frac{h}{D} \left(\frac{1}{(1 - 2h/D)^2} - 1 \right)} = \frac{50 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 7 \cdot 10^{-2}} - \frac{\ln \frac{1}{1 - 2 \cdot 7/50}}{\frac{7}{50} \left(\frac{1}{(1 - 7 \cdot 2/50)^2} - 1 \right)} = \\ &= 1.0456 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

$\delta = \delta_1 + \delta_2$ - товщина зазору в довільному перерізі осі z ,

δ_6 - висота бокового витка, 30 мм

δ_0 – висота щілини зчеплення витків, 50 мм

$\delta_в$ – висота міжвалкового зазору, 40 мм

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

$$\delta_1 = \frac{D + \delta_B}{2} - \frac{(D - h - \delta_B)^2 - \left(\frac{D - h}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}{2 * (D - h + \delta_B)} =$$

$$= \frac{50 + 40}{2} - \frac{(50 - 7 - 40)^2 - \left(\frac{50 - 7}{2}\right)^2 + \left(\frac{50}{2}\right)^2}{2 * (50 - 7 - 40)} =$$

$$= 0.16375 \text{ мм}$$

$$\delta_1 = \frac{D - 2h + \delta_B}{2} - \sqrt{\left(\frac{D - 2h}{2}\right)^2 - \left[\frac{D^2}{4} - \frac{(D - h - \delta_B)^2 * \left(\frac{D - h}{2}\right)^2 * \left(\frac{D}{2}\right)^2}{2 * (D - h + \delta_B)}\right]} =$$

$$= \frac{50 - 2 * 7 + 40}{2} - \sqrt{\left(\frac{50 - 2 * 7}{2}\right)^2 - \left[\frac{50^2}{4} - \frac{(50 - 7 - 40)^2 * \left(\frac{50 - 7}{2}\right)^2 * \left(\frac{50}{2}\right)^2}{2 * (50 - 7 + 40)}\right]} = 0.138 \text{ мм}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 13.8 + 16.375 = 0.30175 \text{ мм}$$

3. Об'ємна секундна продуктивність

$$Q = iN * (2\pi - \varphi) * (\pi D t g \varphi - e) * (D - h) - 2\pi h * (t - ie) * \left(D * \left(1 - \frac{\cos^2 \varphi}{2} F d F c\right) - h\right)$$

$$- \frac{h^3 (t - ie) F p * \cos \varphi}{6 * \eta k o} * \frac{-2\pi h (t - ie) * \left(D * \left(1 - \frac{\cos^2 \varphi}{2} F d F c\right) - h\right) N - B w \delta (R_1 - R_2)}{\frac{1}{3 * \eta b o} * \frac{l_D}{l_3} * (h - \delta_B) * \delta_0^3 + \frac{B}{\eta v o} * \frac{l_D}{l_{\Pi}} + \frac{h^3 * (t - ie)}{6 * \eta k o} F p \cos \varphi}$$

$$- \frac{(\pi - 2 \arccos L/D) * D \delta_0^3}{6 * \eta k o * \cos \varphi} * \frac{\Delta P}{L} =$$

$$= 2,3 * 25,72 * 10^3 * (2\pi - 17,6) * (\pi * 50 * t g 72 - 8) * (50 - 7) - 2\pi * 7 * (7 - 2,3 * 8)$$

$$* \left(50 * \left(1 - \frac{\cos^2 72}{2} * 0,0005789 * 1,0456\right) - 7\right) - \frac{7^3 (50 - 2,3 * 8) * 0,9998 * \cos 72}{6 * 15589} *$$

$$- \frac{2\pi * 7 * (50 - 2,3 * 8) * \left(50 * \left(1 - \frac{\cos^2 72}{2} * 1,0456 * 0,0005789\right) - 7\right)}{\frac{1}{3 * 12308} * \frac{400}{250} * (7 - 40) * 30^3 + \frac{5,23 * 10^5}{14100} * \frac{400}{350} + \frac{7^3 * (50 - 2,3 * 8)}{6 * 15589} * 0,9 * \cos 72} *$$

$$* \frac{1}{3 * 12308} * \frac{400}{250} * (7 - 40) * 30^3 + \frac{5,23 * 10^5}{14100} * \frac{400}{350} + \frac{7^3 * (50 - 2,3 * 8)}{6 * 15589} * 0,9 * \cos 72$$

$$- \frac{(\pi - 2 \arccos 1000/50) * 50 * 50^3}{6 * 15589 * \cos 72} * \frac{7,688 * 10^5}{1000} = 11760,3 \text{ мм}^3/\text{с}$$

- де $\eta k o$, $\eta v o$, $\eta b o$ – ефективні в'язкості в гвинтовому каналі при зустрічному і односторонньому потоці та ефективна в'язкість в міжвалковому зазорі відповідно, (15589, Па·с, 14100 Па·с, 12308, Па·с); i – число заходів черв'яка (2,3), а $B = w/\cos\varphi - 2\delta_b = 161\,603/\cos 72 - 2 * 30 = 5.23 * 10^5$

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

R1 і R2 – радіуси виступу нарізі і сердечника.

$$R1 = D/2 = 25 \text{ мм}$$

$$R2 = (D-2h)/2 = (50-2 \cdot 7)/2 = 18 \text{ мм}$$

5. Вагова продуктивність

$$\Pi = 3600Q\rho = 3600 \cdot 11760,3 \cdot 1181,4 \cdot 10^{-9} = 50,09 \text{ кг/год}$$

2.4.5 Розрахунок перепаду тиску в головці

Для кожної ділянки постійної геометрії визначаємо швидкість зсуву $\dot{\gamma}$, після якої з графіка, формули або табличних даних визначаємо в'язкість μ .

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu}{K}$$

1. Круглий циліндричний канал

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot 50^3} = 1,502 \text{ c}^{-1}$$

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 1,502 c⁻¹ $\mu = 14489,49 \text{ Па}\cdot\text{с}$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 14489,49}{5716,2} = 12242,05 \text{ Па}$$

2. Круглий циліндричний канал

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot 26^3} = 2,8 \text{ c}^{-1}$$

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 2,8 с⁻¹μ=10058,82 Па·с

$$\Delta P_2 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 10058,82}{254,77} = 190680,91 \text{ Па}$$

3. Круглий конічний канал з великим діаметром на вході
(D=26 мм, d=22 мм)

$$\dot{\gamma}_3 = \frac{256Q}{\pi(D^3 + d^3)} = \frac{256 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot (26^3 + 22^3)} = 13,95 \text{ с}^{-1}$$

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 13,95 с⁻¹μ=3925,195Па·с

$$\Delta P_3 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 3925,195}{722,92} = 26222,82 \text{ Па}$$

4. Круглий циліндровий канал (d=22мм)

$$\dot{\gamma}_4 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot 22^3} = 4,62 \text{ с}^{-1}$$

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 4,62 с⁻¹μ=7500,695Па·с

$$\Delta P_4 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 7500,695}{52,72} = 687123,17 \text{ Па}$$

5. Плоский щілинний канал

h=18 мм, b₁=18 мм, b₂=292 мм

$$\dot{\gamma}_5 = \frac{6Q}{bh^2} = \frac{6 \cdot 30248,7}{\sqrt{18 \cdot 292} \cdot 18^2} = 1,23 \text{ с}^{-1}$$

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

Для температури 160⁰С і швидкості зсуву 1,23 с⁻¹μ=16289,11Па·с

$$\Delta P_5 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 16289,11}{511,09} = 153924,74 \text{ Па}$$

6. Плоский щілинний канал

$$h=16 \text{ мм}, b=292 \text{ мм}$$

$$\dot{\gamma}_6 = \frac{6Q}{bh^2} = \frac{6 \cdot 30248,7}{292 \cdot 16^2} = 0,38 \text{ с}^{-1}$$

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 0,38 с⁻¹μ=32421,16 Па·с

$$\Delta P_6 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 32421,16}{12458,67} = 12567,98 \text{ Па}$$

7. Плоский щілинний канал $h=16 \text{ мм}, b_1=292 \text{ мм}, b_2=288 \text{ мм}$

$$\dot{\gamma}_7 = \frac{6Q}{bh^2} = \frac{6 \cdot 30248,7}{\sqrt{288 \cdot 292} \cdot 16^2} = 0,39 \text{ с}^{-1}$$

Для температури 125⁰С і швидкості зсуву 0,39 с⁻¹μ=31931,39Па·с

$$\Delta P_7 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 31931,39}{5500,6} = 28036,01 \text{ Па}$$

8. Круглий конічний канал з великим діаметром на вході $D=16 \text{ мм}, d=6 \text{ мм}$

$$\dot{\gamma}_8 = \frac{256Q}{\pi(D^3 + d^3)} / n_{\text{отв}} = \frac{256 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot (16^3 + 6^3)} / 18 = 5,07 \text{ с}^{-1}$$

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

Для температури 125⁰Сі швидкості зсуу 5,07 с⁻¹μ= 7103,09Па·с

$$\Delta P_8 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 7103,09}{377,64} = 90840,09 \text{ Па}$$

9. Круглий циліндровий канал ($d=6$ мм)

$$\dot{\gamma}_9 = \frac{32Q}{\pi d^3} / n_{\text{отв}} = \frac{32 \cdot 30248,7}{3,14 \cdot 6^3} / 18 = 12,66 \text{ с}^{-1}$$

Для температури 125⁰Сі швидкості зсуу 12,66 с⁻¹μ=4154,82 Па·с

$$\Delta P_9 = \frac{Q \cdot \mu}{K} = \frac{30248,7 \cdot 4154,82}{26,1} = 768817,99 \text{ Па}$$

Сумарне значення:

$$\Delta P = \sum \Delta P_i = 1970455,76 \text{ Па} = 1,97 \text{ МПа}$$

2.4.6 Розрахунок потужності двигуна черв'ячної машини

1. Потужність, споживана в гвинтовому каналі

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 50^2 - 4 \cdot 50^2}{3,14^2} + \frac{3,14 \cdot 50^5}{50^2 + 3,14^2 \cdot 50^2} =$$
$$= 30359 \text{ мм}$$

$$\dot{\gamma}_k = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 \cdot h_2 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 160}{60 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 50^2 + 2 \cdot 50^2}} = 323,32 \text{ с}^{-1}$$

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

Для температури 125°C і швидкості зсуву $323,32 \text{ c}^{-1}$ $\mu=622,21 \text{ Па}\cdot\text{c}$

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) l_d \cdot I \cdot \mu_k \cdot n^2}{136 \cdot t} 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} 10^{-5} =$$
$$= \frac{3,14^3 \cdot (32 - 2,56) 256 \cdot 30359 \cdot 622,21 \cdot 160^2}{136 \cdot 32} 10^{-13} +$$
$$+ \frac{1810 \cdot 1,97045576 \cdot 160}{6} 10^{-5} = 3,544 \text{ кВт}$$

2. Потужність, споживана в зазорі між гребенем і корпусом

$$\dot{\gamma}_z = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot \delta} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 160}{60 \cdot 0,096} = 2791,11 \text{ c}^{-1}$$

Для температури 125°C і швидкості зсуву $2791,11 \text{ c}^{-1}$ $\mu=175,9367 \text{ Па}\cdot\text{c}$

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot l_d \cdot \mu_z \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} 10^{-13} = \frac{3,14^3 \cdot 50^3 \cdot 256 \cdot 175,9367 \cdot 160^2}{36 \cdot 0,096 \cdot 32} 10^{-13}$$
$$= 1,0577 \text{ кВт}$$

3. Потужність яка споживається приводом в зазорах двочерв'ячної машини:

$$N_z = P \cdot v = 1,68 \cdot 10^6 \cdot 0,003 = 5,043 \text{ кВт}$$

P - зсуву, що дорівнює $1,68 \cdot 10^6 \text{ м}\cdot\text{кг}/\text{c}^2$

v – відносна швидкість між сусідніми робочими поверхнями, $0,003 \text{ м}/\text{c}$

4. Потужність, споживана в зоні дозування

$$N_d = N_1 + N_2 + N_z = 3,544 + 1,0577 + 5,043 = 9,6447 \text{ кВт}$$

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

5. Потужність, споживана черв'яком

$$N_r = 2N_d = 2 \cdot 9,6447 = 19,2894 \text{ кВт}$$

6. Потужність двигуна при ККД приводу $\eta=0,75$

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_r}{\eta} = \frac{9,2034}{0,75} = 25,72 \text{ кВт}$$

2.4.7 Тепловий розрахунок завантажувальної воронки

Температура повітря в завантажувальній воронці $t_{\text{п}} = 70^{\circ}\text{C}$

Температура матеріалу всередині корпусу $t_{\text{к}} = 125^{\circ}\text{C}$

Внутрішній радіус каналу $r_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$

Зовнішній радіус каналу $r_{\text{н}} = 76 \text{ мм}$

Тепловий баланс черв'ячної машини можна представити як:

$$Q_N + Q_{\text{NI}} = G_M \cdot C_M (t_k - t_n) + Q_0 + Q_{\text{втр}}$$

1. Потужність, що виділяється при споживанні механічним приводом

$$Q_N = N \eta_1 \eta_2 \eta_3$$

$$\eta_1=0,75, \eta_2=0,84, \eta_3=0,775$$

$$Q_N = 12,2712 \cdot 0,75 \cdot 0,84 \cdot 0,775 = 5991,4134 \text{ Вт} = 5,994134 \text{ кВт}$$

2. Кількість тепла, що відводиться водою, яка охолоджує черв'як не враховуємо.

3. Втрати тепла в навколишнє середовище

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{випр}}$$

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

Q_K – втрати тепла в навколишнє середовище конвекцією

$$Q_K = \alpha_K F (t_{\text{кож}} - t_{\text{п}})$$

$$t_{\text{кож}} = 125 \text{ }^\circ\text{C}, t_{\text{п}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

Площа теплообмінної поверхні:

$$F = \pi D_H l_K = 3,14 \cdot 0,072 \cdot 0,64 = 0,145 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі від кожуха черв'ячної машини в навколишнє середовище конвекцією:

$$\alpha_K = Nu \frac{\lambda}{D}$$

Значення визначальної температури:

$$\Delta t_{\text{б}} = t_K - t_{\text{вх}} = 160 - 20 = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{п}} - t_{\text{вих}} = 70 - 23 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{140 - 47}{\ln \frac{140}{47}} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

Критерій Грасгофа:

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{\text{в}}} = \frac{1}{358} = 0,002793 \text{ К}^{-1}$$

$$Gr = \frac{g D^3 \beta (t_{\text{кож}} - t_{\text{п}})}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot 0,072^3 \cdot 0,002793 (160 - 70)}{(2,13 \cdot 10^{-5})^2} = 2,0 \cdot 10^6$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря за визначальної температури:

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

2. Маса корпусу

$$\rho_{ст} = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$$G = \rho_{ст}v = 7800 \cdot 0,0024 = 18,72 \text{ кг}$$

3. Кількість теплоти

$$Q_{корп} = cG(t_p - t_n) = 462 \cdot 18,72 \cdot (160 - 20) = 1210809,6 \text{ Дж}$$

$$\text{Теплоємність сталі } c = 0,462 \text{ кДж/кгК}$$

4. Необхідна потужність нагрівника при часі розігріву корпусу $\tau = 35$ хв

$$N_{нагр} = \frac{Q_{корп}}{\tau} = \frac{1210809,6}{2100} = 576,576 \text{ Вт}$$

2.5 Вибір та розрахунок кількості основного та допоміжного обладнання

Розрахункова кількість одиниць основного виробничого устаткування визначається за формулою:

$$E = \frac{T}{0,93 \cdot T_{\text{еф}}} = \frac{8496}{0,93 \cdot 8178} = 1,11 \quad (2.61)$$

де T – річний фонд часу роботи обладнання, що витрачається на виконання річної програми, машино-годин;

$T_{\text{еф}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

0,93 – коефіцієнт, що враховує втрати часу на обслуговування робочого місця та обладнання.

Річний фонд часу роботи обладнання:

					<i>ХП81.13.1470.001</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{N}{\Pi} = \frac{424800 \text{ кг}}{50 \text{ кг/год}} = 8496 \text{ год} \quad (2.62)$$

де N – річна програма (виробнича потужність), кг;

Π – продуктивність машини, шт/год.

За розрахунками для виконання річного плану виробництва буде необхідна 1 екструзійна лінія з основним обладнанням, вказаний у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Види і характеристика основного обладнання

Позиція	Найменування апарату	Технічна характеристика	Примітка
1	Екструдер двочерв'ячний	Діаметр черв'яка- 50 мм Відношення L/D = 20 Потужність двигуна- 25,72 кВт Продуктивність- 50 кг/год. Кількість оборотів за хв – 120	Габарити: 5020x1300x x1600 мм Маса, не більше 4000 кг
2	Молотковий млин	Потужність двигуна- 27 кВт Кількість оборотів за хв – 200. Розмір часток після подрібнення – 0,1 мм. Мінімальний час подрібнення – 20 хв.	Габарити: 1800x1600x x1200 мм Маса, не більше 2100 кг
3	Змішувач шнековий	Потужність двигуна- 30 кВт Кількість оборотів за хв – 210. Мінімальний час змішування – 20 хв.	Габарити: 2500x1800x x1700 мм Маса, не більше 3500 кг

Продовження таблиці 2.7

4	Струменевий млин	Потужність двигуна- 45 кВт Тиск повітря, що подається – 0,75 МПа. Розмір часток після подрібнення – 0,01- 0,02 мм Мінімальний час подрібнення – 10 хв.	Габарити: 1000x400x x500 мм Маса, не більше 1000 кг
5	Ситовий фільтр	Потужність двигуна- 30 кВт Розмір часток після фільтрації – 0,01мм. Мінімальний час фільтрації – 5 хв.	Габарити: 600x600x x1500 мм Маса, не більше 1000 кг

При виробництві тонера-порошку неможливо обійтися без додаткового обладнання, яке необхідне для підвищення ефективності виробництва. До такого обладнання відносяться: пневмо-транспортери, бункери наповнення та сировини. [12]

Допоміжне обладнання наведене у таблиці 2.8.

					ХП81.13.1470.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 2.8 – Характеристика допоміжного обладнання

Позиція	Найменування апарату	Технічна характеристика	Примітка
1	Пневмо-ранспортер	а) Потужність двигуна – 10кВт; тиск повітря що подається для транспорту – 0,3 мПа.	Діаметр труби 100 мм.
2	Бункер наповнення.	Об'єм бункера – 10 000л.	Габарити:2000x x2000x12000 мм

2.6 Види браку

Дефекти, що виникають у виробництві тонера-порошку можуть бути викликані несправністю обладнання. [13]

Таблиця 2.9- Дефекти, які можуть виникати при виробництві тонера-порошку.

Дефект	Причина виникнення	Характер неполадки
Невідповідний розмір часток після подрібнення в молотковому млині.	Несправність двигуна або малий час помелу.	Зміна частоти обертання ротора при навантаженні.
Невідповідна гомогенізація після шнекового змішувача.	Несправність двигуна або малий час змішування.	Зміна частоти обертання ротора при навантаженні.
Невідповідність складу композиції.	Збій роботи приладу співвідношення витрат пневмотранспортної подачі в шнековий змішувач.	Коротке замикання контактів електропроводки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XП81.13.1470.001

Арк.

62

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ

Процес автоматизації є невід'ємною частиною сучасного життя. Сучасний стан розвитку автоматизації виробництва привів до появи якісно нової системи технологічних машин з керуючими засобами. Автоматизація виробництва – один з головних напрямів науково-технічного прогресу.

Процес автоматизації допомагає протіканню різноманітних технологічних процесів, безпосередньо вона впливає на кількість та якість продукції, економіку виробництва, умови праці робітників. Схеми автоматизації мають включати технологічну схему, що містить основні технологічні апарати і машини, зображену в спрощеному варіанті і розташовану у верхній частині листа; засоби автоматизації, що входять до складу систем контролю, регулювання, які наносять на схему за допомогою умовних графічних позначень і ліній зв'язку. Метою даного розділу, включеного до дипломного проєкту є автоматизація процесу, підбір параметрів, які необхідно автоматизувати задля того, щоб оптимізувати дане виробництво та полегшити сам його процес та відповідних до них автоматизаційних пристроїв.

3.1 Опис технологічної схеми виготовлення тонер-порошку

Лазерні принтери давно використовуються у житті сучасних людей. Найбільш оптимальна сфера для лазерних принтерів – це офіси та різні підприємства, де необхідно багато та довго друкувати. Більшість офісів повністю перейшли на такий друк. Плюси цих принтерів у тому, що вони дуже економічні, щодо витрати тонера.

Використовуючи принтер у повсякденному житті, мало хто замислюється над його складовими. Найцікавішим у роботі пристрою процес нанесення чіткого друкованого образу на папір. Щоб ваш принтер друкував, потрібно періодично заправляти картридж. Ось тут і виникає потреба знати,

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

що таке тонер.

Тонер — чорний або кольоровий порошок, що має особливі властивості, який переноситься за допомогою електрографічного принципу на заздалегідь заряджений фотобарабан і формує на ньому видиме зображення, яке потім переноситься на папір.

Технологічний процес включає наступні основні операції 1) подрібнення вихідних компонентів; 2) сухе змішання порошкової сировини; 3) змішування компонентів сировинних в розплаві; 4) охолодження сплаву; 5) подрібнення і класифікація; 6) упаковка тонера в тару.

Технологічну схему поточної лінії виготовлення тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів зображено на рисунку 1.1.

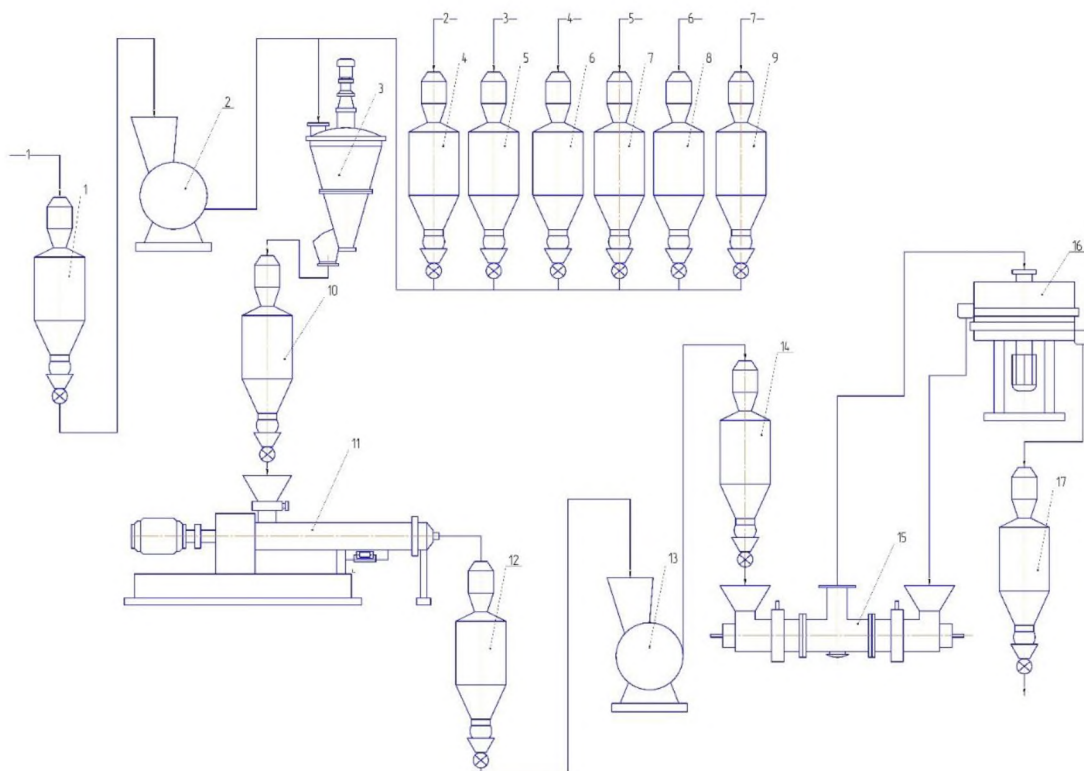
З бункера 1 для зберігання сировини подаємо на дробарку 2 стирол-акрилат. Частинки подрібненого матеріалу подаються на планетарно-шнековий змішувач 3 в якому відбувається попереднє змішування всіх компонентів у вигляді порошку. На екструдері 11 відбувається змішування компонентів у розплаві.

Після екструдера, гранули надходять до другої молоткової дробарки 13, яка аналогічна до дробарки, що використовується для попереднього помелу гранул.

Молоткову дробарку, що знаходиться в схемі після екструдера, застосовують для попереднього помелу і отримання порошоків з розміром частинок не більше 0,5 мм, оскільки наступна стадія включає застосування струменевого протиточного млина тонкого помелу 15. Надалі йде остаточна фільтрація компонентів на віброситах 16. Основне обладнання, призначене для зберігання сипучих інгредієнтів, складають бункера 17.

										Арк.
										65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

XП81.13.1470.001



1 – бункер з основним полімером, 2 - дробарка, 3 - шнековий змішувач,
4-9 – бункери з компонентами, 10 - бункер зі змішаними сухими
компонентами, 11 – екструдер, 12 - бункер зі змішаними компонентами у
розплаві, 13 - дробарка, 14 – бункер подрібненого тонера, 15 – струменевий
протиточний млин, 16 – вібросита, 17 – бункер з готовою продукцією

Рисунок 3.1- Схема лінії виготовлення тонера-порошку.

3.2 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратного оформлення технологічного процесу визначається необхідний об'єм автоматизації виробництва, який подається у вигляді таблиці 2.1, а також здійснюється обґрунтований вибір параметрів контролю, регульованих параметрів і регулювальних впливів.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл.2.1.

									ХП81.13.1470.001	Арк. 66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 2.1 - Параметри контролю та керування виробництвом

Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
2	3	4	5
Перша зона циліндру	Температура	$50^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	Вимірювання, сигналізація
Друга зона циліндру	Температура	$70^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	Вимірювання, регулювання
Третя зона циліндру, четверта зона циліндру	Температура	$75^{\circ}\text{C}\pm 4^{\circ}\text{C}$	Вимірювання, регулювання
Формувальний інструмент	Температура	$80^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$	Вимірювання, регулювання
Формувальний інструмент	Тиск	10-18 МПа	Вимірювання, регулювання

3.3 Опис розробленої схеми автоматизації

В черв'ячній машині, який входить в лінію для виготовлення тонера-порошку, матеріал плавиться, гомогенізується. Для того щоб добитися рівномірного розподілення матеріалу, підтримують постійну в часі температуру по зонах.

Граничне відхилення температури теплових зон від встановлених значень в процесі регулювання у встановленому режимі не більше $+2\text{ C}$.

										Арк.
										67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>XП81.13.1470.001</i>					

В черв'ячній машині є 4 зон. Нагрів усіх зон здійснюється за допомогою електронагрівачів опору, потужністю 1-5 кВт.

Як видно з функціональної схеми автоматизації процесу, в якості датчиків для контролю температури передбачені термопари типу ТХК-2688, які вмонтовані у корпус черв'ячної машини.

Чуттєвий елемент представляє собою два термоелектроди, спаяні між собою на робочому кінці в термопарі і ізольовані один від одного по всій довжині за допомогою двоканалних трубок. Він встановлений в захисну арматуру, в комплект якого входить колодка затискачів.

Контроль і регулювання температури у першій зоні здійснюється наступним чином: коли температура в робочій зоні перевищує задану, сигнал, що поступає з термопари поз. 1-1, розташованої по місцю, подається на показувальний, реєструвальний, регулювальний прилад (поз.1-2) типу ДИСК-250-58, розташований на щиті управління. Далі сигнал подається на клапан (поз. 1-3) типу МИМП ППХ-02, який змінює витрату води у трубопроводі 1, що охолоджує першу зону черв'ячної машини.

Контроль і регулювання температури у другій зоні здійснюється наступним чином: коли температура в робочій зоні перевищує задану, сигнал, що поступає з термопари поз. 3-1, розташованої по місцю, передається на прилад (поз. 3-2) типу ДИСК-250-56, розташований на щиті управління, де він показується, реєструється, автоматично регулюється і передається на тиристорний підсилювач (поз.3-3) типу У 13-Н, розташований по місцю, який вимикає нагрів другої зони черв'ячної машини. Відбувається охолодження зони тепловіддачею.

Контроль і регулювання температури у третій зоні здійснюється наступним чином: коли температура в робочій зоні перевищує задану, сигнал, що поступає з термопари поз. 5-1, розташованої по місцю, передається на прилад (поз.5-2) типу ДИСК-250-56, розташований на щиті управління, де він показується, реєструється, автоматично регулюється і передається на тиристорний підсилювач (поз. 5-3) типу У 13-Н, розташований по місцю, який

									Арк.
									68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХП81.13.1470.001

вимикає нагрів третьої зони екструдеру. Потім сигнал поступає на тиристорний підсилювач (поз. 5-4) типу У300, який вмикає вентилятор для охолодження третьої зони черв'ячної машини.

Аналогічно третій зоні контролюється і регулюється четверта зона черв'ячної машини.

На фільтері встановлена термопара (поз. 7-1) типу ТХК-2688, з якої сигнал подається на вторинний прилад (поз.7-2) типу ДИСК 250-56, розташований на щиті управління, де сигнал показується, реєструється і автоматично регулюється і передається на тиристорний підсилювач (поз.7-3) типу У 13-Н, розташований по місцю, який вимикає нагрів п'ятої зони екструдеру. Відбувається охолодження зони тепловіддачею.

Для контролю тиску розплаву на виході із фільтери, у фільтеру вмонтовано сигнальний, показувальний прилад тиску (поз.9-1) типу ДМ 2005 Ст. При невідповідності тиску заданому зелена лампочка вимикається, червона вмикається. Відхилення тиску від заданого може спричинитися декількома факторами (забиття фільтрів матеріалом). Щоб їх убрати треба вимкнути усю установку. Відключення установки проводиться за вимогою оператора.

Для контролю заданої частоти обертів електродвигуна на його вихідному валу встановлено датчик, який сигналізує про зміну частоти обертів. Автоматика на пульті керування черв'ячної машини фіксує та обробляє даний сигнал, після чого подає команду на вирівнювання частоти обертів до заданого значення. Для стабілізації швидкості обертання вала електродвигуна та черв'яка використовується стабілізатор швидкості типу Lense 8200Vector. Зупинка та пуск двигуна здійснюється з панелі керування за допомогою кнопки типу КЕА- 3442 (поз. 11-1).

Так як черв'ячна машина безперервної дії, то він працює від двигуна позиції 12, який пов'язаний з пусковою апаратурою для керування електродвигуном; далі сигнал поступає на апаратуру, призначений для ручного дистанційного керування і оснащений пристроєм для сигналізації

										Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХП81.13.1470.001

(сигнальні лампи: HL1 – зелена, «ПУСК» і HL2 – червона, «СТОП») і кнопкою запобіжного відключення КВ 1. [14]

3.4 Розрахунок похибок вимірювального каналу

1. Розрахунок похибки вимірювального каналу рівня:

Структурна схема системи автоматичного контролю величини витрати виглядає наступним чином:

Рівн. → *ЛЗ* → *ІТМ* → *ПРП*

Використані позначення: Рівн. - рівнемір щуповий для сипких і пилоподібних матеріалів; ЛЗ – лінії зв'язку; ІТМ – індикатор технологічний мікропроцесорний, ПРП - прилад показувальний, реєструвальний;

- Рівнемір з класом точності 1.5 (діапазон вимірювання 0-20 м)
- лінії зв'язку (ЛЗ) класу точності 0.4;
- ІТМ, ІТМ-20У з класом точності 2
- ПРП, KROHNE VF – 180 4/20 - вторинний прилад класу точності

1.

Визначимо граничнодопустиму абсолютну похибку для витратоміра:

$$\Delta_{\text{доп.витр}} = \frac{K_{\text{рівн}} \cdot \text{ДВ}}{100} = \frac{1,5 \cdot (15 - 0)}{100} = \frac{1,5 \cdot 15}{100} = 0,225 \text{ м}$$

Згідно довірчою ймовірністю $P_d=0.95$, для кожного елемента розрахуємо середньо-квадратичну похибку в абсолютних значеннях за виразом $\Delta_{0.95}=K_{n0.95} \cdot \sigma$.

Середньо-квадратична похибка для рівнеміра:

$$\sigma_{\text{витр}} = \frac{\Delta_{\text{доп.рівн}}}{K_{n0.95}} = \frac{0,225}{1,96} = 0.114 \text{ м}$$

									Арк.
									70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

2. Визначимо граничнодопустимі абсолютну та середньо-квадратичну похибки для ліній зв'язку:

$$\Delta_{\text{доплз}} = \frac{K_{\text{ТЛЗ}} \cdot \text{ДВ}}{100} = \frac{0.4 \cdot 15}{100} = 0.06 \text{ м}$$

$$\sigma_{\text{ЛЗ}} = \frac{\Delta_{\text{доплз}}}{K_{\text{Н}0.95}} = \frac{0.08}{1.96} = 0.03 \text{ м}$$

3. Граничнодопустимі абсолютна та середньо-квадратична похибки індикатору:

$$\Delta_{\text{допб}} = \frac{K_{\text{ТІТМ}} \cdot \text{ДВ}}{100} = \frac{2 \cdot 15}{100} = 0.3 \text{ м}$$

$$\sigma_{\text{Б}} = \frac{\Delta_{\text{допІТМ}}}{K_{\text{Н}0.95}} = \frac{0.3}{1.96} = 0.15 \text{ м}$$

4. Граничнодопустимі абсолютна та середньо-квадратична похибки вторинного показуючого приладу:

$$\Delta_{\text{доппрп}} = \frac{K_{\text{ТПВП}} \cdot \text{ДВ}}{100} = \frac{1 \cdot 15}{100} = 0.15 \text{ м}$$

$$\sigma_{\text{ПРП}} = \frac{\Delta_{\text{доппвп}}}{K_{\text{Н}0.95}} = \frac{0.2}{1.96} = 0.077 \text{ м}$$

5. Розрахуємо середньо-квадратичну абсолютну похибку вимірювального каналу:

$$\sigma_{\text{К}} = \sqrt{\sigma_{\text{ривн}}^2 + \sigma_{\text{ЛЗ}}^2 + \sigma_{\text{ІТМ}}^2 + \sigma_{\text{ПВП}}^2} = \sqrt{0.15^2 + 0.06^2 + 0.3^2 + 0.07^2} = 0.34 \text{ м}$$

6. Розрахуємо граничнодопустиму абсолютну похибку вимірювального каналу:

$$\Delta_{\text{допвк}} = \pm K_{\text{Н}0.95} \cdot \sigma_{\text{ВК}} = \pm 1.96 \cdot 0.199 = \pm 0.68 \text{ м}$$

									Арк.
									71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

та граничнодопустиму зведену похибку вимірювального каналу:

$$\gamma_{\text{допБК}} = \pm \frac{\Delta_{\text{допБК}}}{\text{ДВ}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,39}{20} \cdot 100\% = \pm 2,2\%$$

Таким чином, $\gamma_{\text{допБК}} \leq \text{КТ}$, аналізований вимірювальний канал величини витрати у трубопроводі відповідає класу точності 2, а дійсне значення вимірюваної величини $\text{Витр}_{\text{д}} = \text{Витр}_{\text{вим}} = \pm 0,68\text{м}$ з імовірністю $P_{\text{д}} = 0.95$.

Висновок

В даному дипломному проєкті спроектована система автоматизації екструдера 2БК-83 для виготовлення тонеру-порошку для лазерних принтерів. Спроектована система автоматизації дозволяє контролювати та регулювати наступні параметри: витрати матеріалу у бункері, температуру розплаву у зоні з валками, рівень у воронці, тиск поршня. Підібрані прилади для контролю, реєстрування, регулювання сигналу.

Отже, можна дійти до висновку, що автоматизація процесу призводить до зростання продуктивності процесу, надійності та ефективного доцільного використання ресурсів.

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

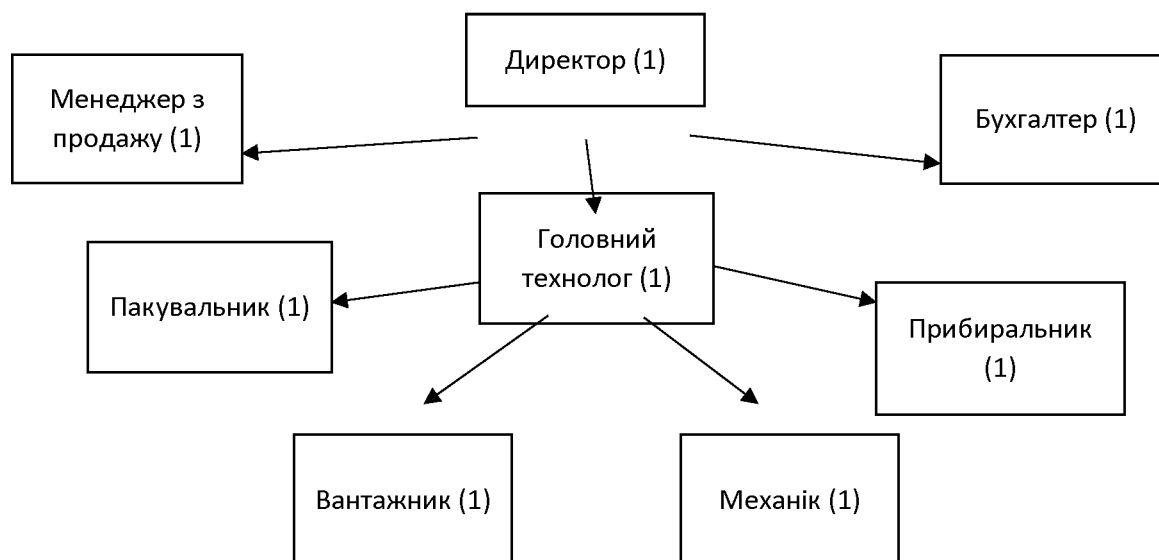


Рисунок 4.1 - Схема організаційної структури підприємства

Посади на підприємстві:

- *Директор* – займається організацією роботи підприємства та здійснює управління персоналом.
- *Бухгалтер* – відповідальний за фінансову частину, складає кошторис та калькуляцію, вирішує питання з заробітної плати.
- *Головний технолог* – є відповідальним за виробництво продукції та дотримання техніки безпеки на підприємстві, контролює роботу технологічного процесу.
- *Менеджер з продажу* – прийняття і оформлення замовлень.
- *Пакувальник* - це фахівець, який комплектує, фасує та спаковує різні товари.
- *Механік* – відповідальний за ремонт обладнання .
- *Вантажник* – відповідальний за відвантаження готової продукції
- *Прибиральник* – відповідальний за чистоту в приміщеннях.

4.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничий процес – єдність праці, засобів праці, предметів праці зосереджених у просторі і часі для виготовлення продукції або виконання робіт.

Виробничі процеси, залежно від відношення до кінцевої продукції, поділяються на:

- основні – пов’язані з виготовленням продукції, визначаються призначенням підприємства;
- допоміжні – пов’язані з обслуговуванням виробництва;

Основними процесами даного виробництва є:



Рисунок 4.2 Принципова схема хімічного виробництва

Таблиця 4.1 - Виробничі процеси підприємства

Групи процесів	Назва процесу
Основні	Подача гранул на дробарку, подрібнення
	Змішування всіх компонентів
	Змішування компонентів у розплаві
	Попереднє подрібнення суміші
	Подрібнення в струменевому млині
	Фільтрація
Допоміжні	Закупівля та розвантаження сировини
	Контроль якості

4.2.1. Види руху предметів праці (ВРПП)

Весь технологічний процес складається зі стадій, що вказані в таблиці 2, виділимо найголовніші операції для приготування продукції.

Таблиця 4.2 - Основні операції

№ п/п	Операція	Час, хв.
1	Подача гранул на дробарку, подрібнення	10
2	Змішування всіх компонентів	15
3	Змішування компонентів у розплаві	20
4	Попереднє подрібнення суміші	20
5	Подрібнення в струменевому млині	10
6	Фільтрація	5
Всього		80

Допоміжні, бічні та підсобні процеси якості не внесені до розрахунку виробничого циклу.

Послідовний рух предметів праці - це такий рух, під час якого обробка наступної одиниці продукції у виробничому процесі починається після завершення обробки попередньої.

Підприємство працює за 8-годинним робочим днем в одну зміну 5 днів на тиждень. Оскільки увесь процес займає 80 хвилини, розрахуємо кількість завантажень за день:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{посл}}}{\sum_{i=1}^5 t_i} = \frac{8 \cdot 60}{80} = 6 \text{ разів,}$$

За одне завантаження ми отримаємо 5,5 кг тонера, тоді випуск за день буде:

$$B_{\text{посл}}^{\text{доб}} = 6 \cdot 5,5 = 33 \text{ кг.}$$

Для цього нам потрібно 1 робітник та 5 одиниць обладнання (дробарка, змішувач, екструдер, струменевий млин, фільтр).

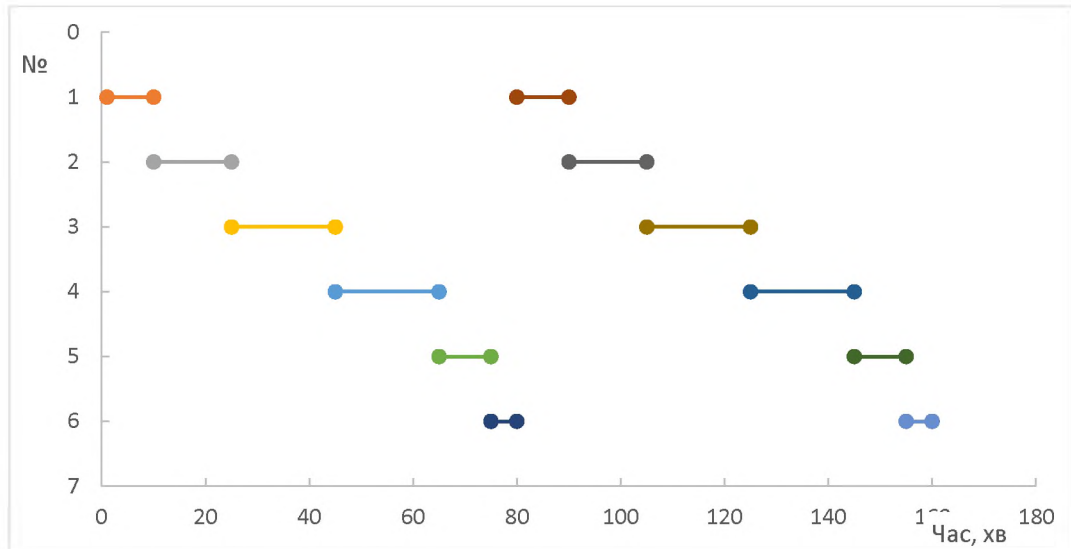


Рисунок 4.3 – Послідовний ВРПП

Паралельний рух предметів праці – обробка наступної одиниці продукції на першій операції починається одразу після звільнення обладнання. Всі операції виконуються паралельно, не чекаючи закінчення обробки всієї партії.

Кількість завантажень за день:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^5 t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{8 \cdot 60 + 20 - 80}{20} = 21 \text{ разів}$$

Випуск за день:

$$B_{\text{пар}}^{\text{доб}} = 21 \cdot 6 = 126 \text{ кг.}$$

Для цього нам потрібно 5 робітників та 5 одиниць обладнання (дробарка, змішувач, екструдер, струменевий млин, фільтр).

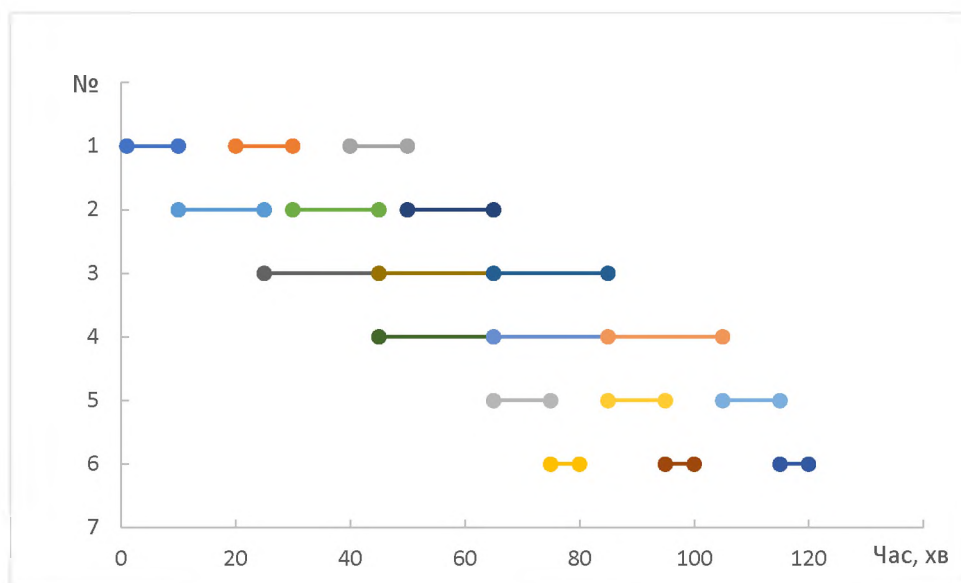


Рисунок 4.4 – Паралельний ВРПП

Синхронізований ВРПП – запуск у виробництво наступної одиниці продукції відбувається через визначений проміжок часу. Час найкоротшої стадії дорівнює 5 хв., отже, задамо ритм 5 хв.

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^5 t_i}{R} = \frac{8 \cdot 60 + 5 - 80}{5} = 81 \text{ разів,}$$

$$V_{\text{синх}}^{\text{доб}} = 81 \cdot 6 = 486 \text{ кг.}$$

Для забезпечення такого виробництва потрібно багато додаткових одиниць обладнання, що не є економічно вигідним через велику вартість апаратів.

Отже, беручи до уваги всі розглянуті ВРПП можемо сказати що оптимальним варіантом для даного підприємства буде послідовний ВРПП, бо не потребує додаткового обладнання та додатковий персонал в порівнянні з синхронізованим та паралельним ВРПП. І як на мене, для початку нової справи це найоптимальніший варіант, так як ми на цьому ринку новачки.

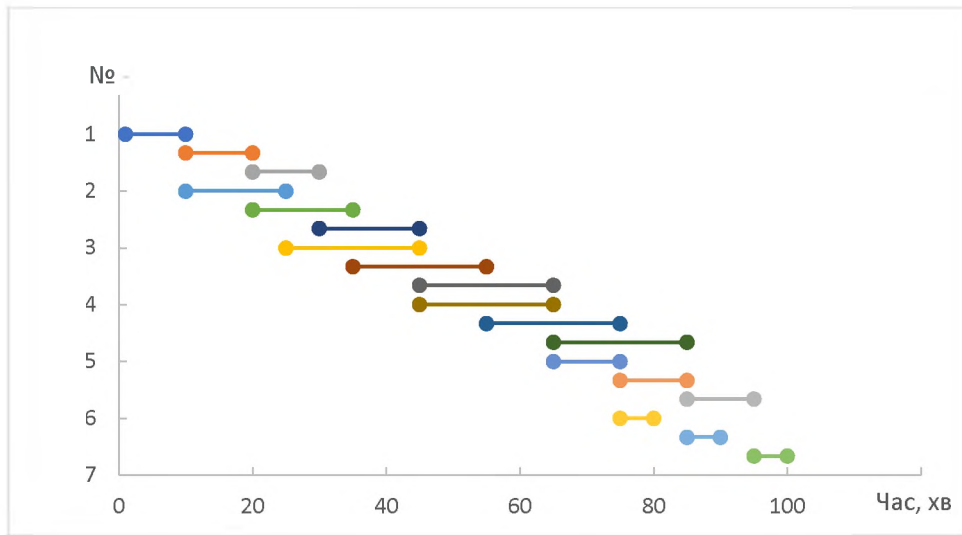


Рисунок 4.5 – Синхронізований ВРПП

4.2.2 Середньорічна тривалість виробничого циклу підприємства

Середньорічна тривалість виробничого циклу підприємства визначається за формулою:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{с.р.}} = \frac{24 \cdot 365}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}} = \frac{24 \cdot 365}{8 \cdot 261} \cdot 8 = 33,56 \text{ год.}$$

де: 24 – тривалість доби; 365 – кількість днів у календарному році; $T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}}$ – тривалість виробничого циклу фактична; T_p – тривалість роботи підприємства протягом доби; D_p – кількість робочих днів у календарному році.

Річний випуск продукції

За добу випускається 33 кг тонеру, отже за рік:

$$V_{\text{рік}} = V_{\text{доб}} \cdot D_p = 33 \cdot 261 = 8\,613 \text{ кг.}$$

4.2.3 Кількість одиниць обладнання та чисельність персоналу

Кількість залученого у виробництва обладнання визначимо за допомогою схеми оптимального руху предметів праці (послідовного ВРПП).

4.3.4 Калькуляція на продукцію

Вартість основних фондів:

- Дробарка	29 000 грн
- Змішувач	150 000 грн
- Екструдер	442 000 грн
- Струменевий млин	79 000 грн
- Фільтр	88 000 грн
Всього	743 000 грн
ОЗ = 743 000 грн	

Термін експлуатації основних фондів складає основних фондів, отже амортизація складає:

$$A = \frac{OZ_{\text{пп}} + K + P - Л}{T_{\text{експл}}} = \frac{743\,000}{5} = 148\,600 \text{ грн}$$

4.3.5 Розрахунок техніко-економічних показників

Ціна на тонери для лазерних принтерів в Україні варіюється в межах від 330 грн/кг до 700 грн/кг і більше, виберемо ціну для нашого тонера 400 грн, так як він є гарної якості та підходить для більшості моделей принтерів.

За рік випускається 8 613 кг.

Річна собівартість продукції:

$$C_p = O_{\text{бз}} + A = 2\,236\,695,75 + 148\,600 = 2\,385\,295,75 \text{ грн/рік.}$$

Вартість продукції за рік:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{од}} \cdot V_{\text{рік}} = 400 \cdot (8\,613 - 261) = 3\,340\,800 \text{ грн/рік.}$$

									Арк.
									84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

XП81.13.1470.001

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{один}} = \frac{C}{B} = \frac{2\,385\,295,75}{8\,613} = 277 \text{ грн}$$

Прибуток на одиницю продукції:

$$P_{\text{один}} = C_{\text{од}} - C_{\text{один}} = 400 - 277 = 123 \text{ грн}$$

Прибуток:

$$P = C - C = 3\,340\,800 - 2\,385\,295,75 = 955\,504,25 \text{ грн}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{P}{C} = \frac{955\,504,25}{2\,385\,295,75} 100\% = 40\%$$

Капіталовкладення:

$$K = O_{63} + O_3 = 2\,236\,695,75 + 743\,000 = 2\,979\,695,75 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{P} = \frac{2\,979\,695,75}{955\,504,25} = 3,1 \text{ роки}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{P}{K} = \frac{955\,504,25}{2\,979\,695,75} = 0,32$$

									Арк.
									85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{B}{OЗ} = \frac{3\,340\,800}{743\,000} = 4,49 \text{ грн/грн.}$$

Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{4,49} = 0,22 \text{ грн/грн}$$

Висновки

Для обраної виробничої програми підприємства розраховані основні економіко – організаційні показники: повна собівартість, відносний прибуток, капіталовкладення та фондоємність. Період повернення капіталовкладень склав 3,1 рік при річному випуску продукції 8 613 кг.

									Арк.
									86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001				

На проєктованому підприємстві передбачено штучну вентиляцію для видалення пилю стирол-акрилату в цеху. Температура повітря вимірюється в декількох точках приміщення в різний час за допомогою традиційного термометра. Відносну вологість визначають стаціонарним психрометром. Для визначення швидкості руху повітря використовуються крильчасті анемометри.

Тонер не є токсичним матеріалом. Однак його використання в нормальних, кімнатних або атмосферних умовах потребує запобіжних заходів. Тонер легко може розлітатись у повітрі і потім довго осідати. Розміри частинок тонера в рази менші за розміри звичайного побутового пилю. При попаданні в легені та на слизові оболонки, частинки такого розміру, як правило, не визначаються організмом як сторонні, та не можуть бути примусово виведені з нього разом із мокротою. В результаті в дихальних органах можуть залишатися і згодом накопичуватися частинки тонера по приміщеннях разом із повітряними потоками. [15]

Гранично допустимі концентрації (ГДК) і клас небезпеки основних продуктів термоокислювальної деструкції у повітрі робочої зони цеху наведено в таблиці 5.2.

					<i>XП81.13.1470.001</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої дільниці		Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення		Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії		ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³		Клас небезпечності шкідливої речовини		Засоби індивідуального захисту: тип, марка		Засоби долікарняної допомоги		Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони							
Виробничий цех		Формаль-дегід		Альдегід мурашиної кислоти. Виражена подразнююча, сенсиглізуюча дія		0,5		2		Фільтрувальний промисловий протигаз марки А та герметичні захисні окуляри				Вихід із зони отруєної атмосфери, інгаляція киснем. За потреби штучне дихання				Індикаторною трубкою			
										Ацеталь-дегід		Альдегід оптової кислоти. Загально токсична дія		5,0		3					
										СО ₂		Оксид. Загально токсична дія		20,0		4					
										Оптова кислота		Кислота. Загально токсична дія		5,03		3					

В холодний період року, для підтримки мікроклімату в приміщенні цеху, передбачено центральну систему водяного опалювання та повітряні завіси в дверних прорізах і на воротах цеху. Природний обмін повітря в приміщенні

Також пропонується використання звукоізолюючих перегородок та забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту, які дозволяють знизити рівні звукового тиску на 7–45 дБ.

Доцільно використовувати вкладиші у вигляді тампонів, які встромляються у слуховий канал типу «Беруші» або типу «Грибок»; протишумові навушники типу ВЦННІОТ12м, які закривають вушну раковину зовні.

5.1.4 Теплове випромінювання

Основним джерелом теплового випромінювання в цеху з виробництва тонера порошку є поверхня екструдера. Температура зовнішніх стінок корпусу при переробці складає 180 °С.

При дотику до нагрітої поверхні корпусу працівник може отримати опік.

Для попередження нагріву навколишнього середовища від нагрітої поверхні екструдера і одержання опіків при дотику до неї, всі частини екструдера, що піддаються нагріву, сховані в теплоізоляційні кожухи, що дозволяє підтримувати в цеху допустиму температуру в приміщенні, яка згідно ДСН 3.3.6.042 – 99 дорівнює 24 °С. Також для зниження інтенсивності випромінювань від зовнішньої поверхні екструдера застосовується водяне охолодження.

Персонал забезпечено спеціальним одягом із сукна: комбінезонами, штанами, окулярами і рукавицями.

Інтегральна інтенсивність інфрачервоного опромінення від нагрітих поверхонь технологічних установок, освітлювальних приладів, інсоляції (сонячної радіації) на робочих місцях не перевищує, Вт/м²:

- при опроміненні поверхні тіла людини 50% і більше – 35;
- при опроміненні від 25 до 50% – 70;
- при опроміненні до 25% – 100.

Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання.

									Арк.
									92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХП81.13.1470.001

Розрахуємо випромінювання від нагрітої поверхні екструдера.

Інтенсивність випромінювання від нагрітої поверхні визначаємо за формулою, Вт/м²:

$$\text{при } r \geq \sqrt{F} \quad E = \frac{0,91F \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2},$$

$$\text{при } r < \sqrt{F} \quad E = \frac{0,91\sqrt{F} \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r}$$

де r – відстань від джерела випромінювання, м;

F – площа випромінюючої поверхні, м²;

T – температура випромінюючої поверхні, К;

$A=85$ – для шкіряного покриву і спецодягу із бавовняної тканини;

$A=110$ – для спецодягу із сукна.

$r=0,5\text{м}$, $F=15\text{м}^2$, тобто $r < \sqrt{F}$

$$E = \frac{0,91\sqrt{15} \left[\left(\frac{245}{100} \right)^4 - 110 \right]}{0,5} = 226,9 \text{ Вт/м}^2$$

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, допустима щільність потоку випромінювання не повинна перевищувати 350 Вт/м².

Порівняння розрахованого та табличного значення інтенсивності опромінення, подає інформацію про достатність захисту від нагрітої поверхні екструдера опромінення. [19]

5.1.5 Електробезпека

Причини ураження електричним струмом в цеху:

– поява напруги на металевих конструктивних частинах електричного устаткування в результаті: пошкодження ізоляції струмоведучих частин; замикання фази електромережі на землю; падіння

										Арк.
										93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХП81.13.1470.001					

На проєктованому підприємстві всі струмоведучі частини обладнання, до яких можливий дотик персоналу, передбачають ізоляцію. Опір ізоляції електропроводів перевищуватиме 0,5 МОм.

З метою зниження ризику ураження електричним струмом, в проєкті розроблено і буде впроваджено наступний симбіоз заходів: занулення електроустаткування; захист електропроводки від механічних ушкоджень прокладкою проводів у металевих трубах; установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни та світильники; захисне відключення електроустаткування тощо. Також персонал буде забезпечено електрозахисними засобами (діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, що ізолюють підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція).

5.1.6 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Для екстреної зупинки всіх механізмів, що рухаються, передбачено аварійні реле «Стоп загальний» або «Аварійний роз'єм», які встановлюються на кожному посту, а також в найпомітніших зручних і доступних місцях машин.

Проєктом передбачено дистанційне управління, механізацію технологічного процесу, автоматизацію технологічного процесу, герметизацію, застосування знаків безпеки.

З метою захисту працівників від деталей, що обертаються і рухаються, устаткування монтується змонтоване в закритому вигляді, що позбавляє необхідності обгороджування корпусів устаткування.

					<i>ХП81.13.1470.001</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Пожежна безпека

Цех виробництва пневматичних шин – це важкогорюча конструкція, оскільки її виготовлено із важкогорючих матеріалів та захищено облицюванням з силікатної цегли.

У цеху є горючі елементи: дерев'яні двері, віконні рами і прорізи, покрівля, шафи і одяг у побутових приміщеннях, фарба на устаткуванні. Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 цех, який проектується, відноситься до II категорії вогнестійкості. Протипожежні розриви для такої категорії вогнестійкості не нормуються.

У виробничих цехах несучі елементи спроектовано негорючими, з межею вогнестійкості в 1 годину.

Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 5.4.

Для гасіння можливої пожежі передбачено внутрішній протипожежний водопровід. Крани розташовано на висоті 1.35 метрів від рівня підлоги в спеціальних шафах. В цеху є вуглекислотний вогнегасник ОУ-5 та порошкові вогнегасники ОПС-6. Для пожежного зв'язку і сигналізації, проектом передбачено сповіщувачі ручної дії і телефонний зв'язок. Також, в цеху наявний план евакуації при пожежі.

Таблиця 5.4. Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Назва установки		Речовини, що мають обіг у виробництві		Агрегатний стан речовин у н.у.		Горючість, займистість, вибухонебезпечність			Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °С				
									Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання		
Стирол-акрилат	тв.	ГТ	-	29	0	223	-	ПА	T2	ВВ-8 вХП-10	В	II Па	III Б
	Легкоплавкий віск	р.	ГТ	-	30	0	-	ПА	-	ВХП-10			
Гідрофобізований кремнезем	тв.	Пожежо-вибухонебезпечні	-	-	-	-	-	ПА	-	ВВ-8 вХП-10	В	II Па	III Б
	Диспергатор для пігмента	тв.	ГТ	-	-	-	-	ПА	-	ВВ-8 вХП-10			
Межі заpalення в обсязі, %													
Категорія		Вибухонебезпечні суміші в повітрі											
Група		Вогнегасні засоби											
Категорія приміщення за ОНТП 24-86													
Клас приміщення за ПУЕ													
Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштування блискавкозахисту згідно СН 305-77													

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було розглянуто процес виготовлення тонера-порошку для лазерного друку на основі поліакрилатів.

Також було розраховано кількість основного та допоміжного обладнання, яке необхідно використати у виробництві для досягнення поставленої річного плану по потужності виробництва.

Були підібрані нормативні документи, за якими проводиться контроль закупної сировини, технологічного виробничого процесу по стадіям та контроль готової продукції по геометричним та механічним властивостям.

Виробництво розплановано зі сторони економічно-організаційного планування, визначено собівартість всього підприємства та період його окупності.

Проєкт виконаний за вимогами охорони праці та пожежної безпеки виробництва. Робота доповнена проєктно-графічною документацією у вигляді креслень, таблиць та плакатів.

					<i>XП81.13.1470.001</i>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Специфікація пристроїв автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Код	Завод виробник	Кількість	Маса одиниці, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Регулювання температури матеріалу										
1-1	Температура	Черв'ячний прес	50 °С	Корпус черв'ячної машини	Термопара хромель-капелева НСХ – L; -40....+2000С	ТХК-2688		НВО “Електротермія”, Приладобудівний завод, м. Луцьк	1	11,8
1-2		Черв'ячний прес	50 °С	Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний з вмонтованим позиційним регулювальним пристроєм (РЭК 28-1)	ДИСК – 250-56		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	3,3
1-3				Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний із вмонтованим пневматичним пропорційним інтегральним регулювальним блоком	ДИСК – 250-58		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	2,1
1-4				Щит управління	Механізм виконавчий прямої дії з позиціонером	РТ-15		ВАТ “Прикарпат-промарматура” м. Іванофранківськ		5,2

2-1	Температура	Черв'ячний прес	70 °С	Корпус черв'ячної машини	Термопара хромель-капелева НСХ – L; -40....+2000С	ТХК-2688		НВО “Електротермія”, Приладобудівний завод, м. Луцьк	1	11,8
2-2		Черв'ячний прес	70 °С	Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний з вмонтованим позиційним регулювальним пристроєм (РЭК 28-1)	ДИСК – 250-56		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	3,3
2-3					Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний із вмонтованим пневматичним пропорційним інтегральним регулювальним блоком	ДИСК – 250-58		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1
2-4				Щит управління	Механізм виконавчий прямої дії з позиціонером	РТ-15		ВАТ “Прикарпат-промарматура” м. Іванофранківськ	1	5,2
3-1	Температура	Черв'ячний прес	75 °С	Корпус черв'ячної машини	Термопара хромель-капелева НСХ – L; -40....+2000С	ТХК-2688		НВО “Електротермія”, Приладобудівний завод, м. Луцьк	1	11,8
3-2		Черв'ячний прес	75 °С	Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний з вмонтованим позиційним регулювальним пристроєм (РЭК 28-1)	ДИСК – 250-56		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	3,3
3-3					Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний із вмонтованим пневматичним пропорційним			ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”,	1

					інтегральним регулювальним блоком	ДИСК –250-58		м. Харків		
3-4				Щит управління	Механізм виконавчий прямої дії з позиціонером	РТ-15		ВАТ “Прикарпат-промарматура” м. Іванофранківськ	1	5,2
4-1	Температура	Черв’ячний прес	80 °С	Корпус черв’ячної машини	Термопара хромель-капелева НСХ – L; -40....+2000С	ТХК-2688		НВО “Електротермія” Приладобудівний завод, м. Луцьк	1	11,8
4-2		Черв’ячний прес	80 °С	Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний з вмонтованим позиційним регулювальним пристроєм (РЭК 28-1)	ДИСК – 250-56		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	3,3
4-3				Щит управління	Прилад показувальний реєструвальний із вмонтованим пневматичним пропорційним інтегральним регулювальним блоком	ДИСК – 250-58		ТОВ “ЗАВОД УКР-МАШПРОМ”, м. Харків	1	2,1
4-4				Щит управління	Механізм виконавчий прямої дії з позиціонером	РТ-15		ВАТ “Прикарпат-промарматура” м. Іванофранківськ	1	5,2
Регулювання тиску										

5-1	Тиск	Головка екструдера	18МПа	Головка черв'ячної машини	Сигнальний показувальний прилад тиску	ДМ 2005 Cr		м АТ "СП Манометр" м. Харків	1	4,3
5-2		Решітка з сітками		Щит управління	Вторинний показувальний і реєструвальний прилад	ДИСК-250ТН		ТОВ "ЗАВОД УКР-МАШПРОМ", м. Харків	1	2,2
Регулювання кулькості обертів										
6-1	Число обертів	Пуск ел.двигуна, стабілізація швидкості обертання черв'яка		Щит управління	Перетворювач частотний	Lense 8200 Vector		м.Київ, "Технотон"	1	1,2
Регулювання кількості обертів двигуна										
МП1		Вкл/викл. Живлення 380В Ел.мотора М1	380В 10 кВт	Електродвигун	Магнітний пускач захисного типу, раб. Струм до 23 А., допустима потужність електродвигун 10 кВт при живленні 380 В, с тепловим реле ТРН-8	ПМЕ – 222		м. Київ вул. Магітогорська 1А, ТЕХНОТОН	1	11,5
SB1	Ввімкнення живлення електродвигуна			Пульт керування	Кнопка управління виду АСКО, зелена «Старт»	ХВ – ВА 31		м.Київ, "Технотон"	1	0,8
HL1				Щит управління	Лампа сигнальна електрична	ЛС-151		Трест "Промарматура" м. Київ	1	0,6

