

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко – технологічний факультет
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Т.В.Бойко
(підпис)

“___” червня 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050202(151) «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»

на тему: «Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва гранульованого матеріалу»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ХА-51

Світлична Анастасія Валеріївна _____

Керівник:

доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Сангінова О.В. _____

Консультанти:

з хімічної технології доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О.

_____ (підпис)

з автоматизов. регулювання доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бондаренко С.Г.

_____ підпис

з охорони праці доцент каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки, к.т.н., доц Полукаров Ю.О.

_____ підпис

з організаційно-економічної частини доц. кафедри економіки і підприємництва, к.х.н. доц. Підлісна О.А.

Нормативний контроль доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Шахновський А.М. _____

Рецензент _____

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко – технологічний факультет

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів .

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (спеціальність) 6.050202 (151) "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Т.В.Бойко

(підпис)

«19» лютого 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Світличній Анастасії Валеріївні

1. Тема проекту Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва гранульованого матеріалу

керівник проекту Сангінова Ольга Вікторівна к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «05» травня 2019 р № 1221-с.

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2019 р

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст пояснювальної записки _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю. О. доц. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки		
Організаційно-економічна частин	Підлісна О.А. доц. кафедри економіки і підприємництва		
Розрахунок матеріальних балансів ХТС	Безносик Ю.О. доц. кафедри кібернетики ХТП		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання 19 лютого 2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк викон. етапів проекту	Примітка
1	Характеристика виробництва, продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.		
2	Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля (формат А1).		
3	Кресленик загального виду щита автоматизації (формат А1).		
4	Розробка рішень з контролю та керування виробництвом. Технологічна схема автоматизації (формат А1).		
5	Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом		
6	Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів (презентації).		

Студент

(підпис)

А.В. Світлична

Керівник проекту

(підпис)

О.В. Сангінова

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 Аналіз процесу гранулювання як технологічного об'єкту керування.....	11
1.1 Загальні характеристики гранульованого матеріалу	11
1.2 Особливості технологічного процесу виготовлення гранульованого матеріалу	13
1.3 Опис технологічної схеми процесу.....	17
1.4 Аналіз схеми виробництва гранульованого матеріалу як технологічного об'єкту керування.....	18
2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу виробництва гранульованого матеріалу	20
3 Розрахунок елементів системи керування процесом гранулювання.....	27
3.1 Вибір типу автоматичного регулятора.....	27
3.2 Алгоритм розрахунку оптимальних параметрів налаштувань автоматичного регулятора.....	31
3.3 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля.....	33
3.4 Інструкція користувача до програмного продукту.....	34
4 Автоматизація технологічної схеми процесу виробництва гранульованого матеріалу.....	39
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми.....	39
4.2 Опис розробленої схеми автоматизації.....	42
5 Економіко – організаційні розрахунки.....	48
5.1 Класифікація виробничих процесів підприємства.....	48
5.2 Оптимальний вид руху предметів праці.....	48

					ДП ХА5116 1490 001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Світлична А.В.			Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва гранульованого матеріалу	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.							7	1
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського група ХТФ, гр. ХА-51		
Н. Контр.		Шахновський						
Затверд.		Сангінова О.В.						

5.3 Розрахунок необхідної кількості співробітників.....	52
5.4 Контроль виробничого процесу.....	54
5.5 Розрахунок техніко – економічних показників.....	55
6 Охорона праці.....	62
6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об’єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.....	62
6.1.1 Повітря робочої зони.....	62
6.1.2 Виробниче освітлення.....	65
6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій.....	67
6.1.4 Електробезпека.....	66
6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.....	68
6.2 Пожежна безпека.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТОК А.....	74
ДОДАТОК Б.....	85
ДОДАТОК В.....	87
ДОДАТОК Г.....	88

ПЕРЕЛІК УМОВНИК ПОЗНАЧЕНЬ

ПВП – полівінілпіролідон

I-регулятор – інтегральна складова регулятор

П-регулятор – пропорційна складова регулятор

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральна складова регулятора

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально складова регулятора

А – амортизація основних фондів

ОбК – обігові кошти

С – собівартість

П – прибуток

Ц – ціна

ФОП – фонд оплати праці

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Процес гранулювання є не від'ємною складовою частиною виробництва вугілля, рудних матеріалів, лікарських засобів, комбікорму тощо. У даній роботі розглянуто процес вологого гранулювання процесу виробництва пігулок, вкритих оболонкою.

Гранулювання сировини у фармацевтичному виробництві застосовують для досягнення однорідності змішування, усунення великих грудок у матеріалах, забезпечення пресованості та - для досягнення потрібного медичного ефекту. Грануляція являє собою направлене укрупнення частинок, тобто це процес перетворення порошкоподібного матеріалу в зерна певної величини, що необхідно для поліпшення сипкості таблетованої суміші, пресованості, запобігання розшаруванню, забезпечення точності дозування, зменшення запиленості робочих приміщень.

Здрібнювання порошків забезпечує певне збільшення міцності і кількості контактів між частинками і як наслідок – утворення міцних конгломератів.

Автоматичне підтримання параметрів процесу гранулювання забезпечує дотримання технологічного регламенту, рівномірний розподіл діючої речовини, мінімізує кількість відходів.

У рамках розв'язання задач, пов'язаних з автоматизацією, виконано ідентифікацію параметрів технологічного об'єкту керування за експериментальними даними, обґрунтовано вибір типу автоматичного регулятора, розраховано оптимальні параметри налаштувань для обраного регулятора, розроблено програмний модуль, який реалізує алгоритм вибору регулятора та розрахунок його налаштувань. Запропоновано контури автоматичного контролю та керування, які забезпечують дотримання технологічного регламенту. Виконано економіко-організаційні розрахунки та розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Аналіз процесу гранулювання як технологічного об'єкту керування

Гранулювання – сукупність фізико-хімічних і фізико-механічних процесів, що забезпечують формування частинок (гранул) певних розмірів, форми, структури і фізичних властивостей [1]. Гранулюють вугілля, відходи вуглезбагачення, рудні матеріали, лікарські засоби та інше.

Процес гранулювання складається з таких технологічних стадій:

- підготовка початкової сировини, дозування і змішування компонентів;
- власне грануло – утворювання (агломерація, кристалізація, ущільнення тощо);
- формування структури (сушка, полімеризація і ін.);
- сортування (розділення частинок за розміром) і подрібнення крупних фракцій.

Розрізняють вологе та сухе гранулювання. При першому використовуються рідини – розчини допоміжних речовин; при сухому — змочувальні – рідини або не використовують, або використовують тільки на певній стадії підготовки матеріалу [1].

1.1 Загальні характеристики гранульованого матеріалу

У фармацевтичному виробництві гранульований матеріал – пігулки – покривають оболонкою, яку наносять в декілька шарів допоміжних речовин, останні можуть бути як природнього, так і синтетичного походження. В залежності від призначення пігулок, до складу оболонки можуть бути введені різні лікарські або поверхнево – активні речовини. Розрізняють такі типи покриття пігулок: дражируванні, пресовані та плівкові. Склад речовин, які вкривають оболонкою, підбирається в залежності від середовища в якому має почати розчинятися пігулка: у шлунковому соці або в кишківнику [9].

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пігулки піддаються різноманітним несприятливим впливам, з моменту виробництва та закінчуючи розчиненням в шлунково – кишковому тракті. Одним з суттєвих впливів є механічний. Продукція піддається механічному впливу: при пакуванні, транспортуванні, впливу повітрі, при попаданні прямих сонячних променів, при неналежному зберіганні та впливу інших чинників. Такий вплив призводить до порушення цілісності препарату. Додатково, вплив навколишнього середовища може призвести до зміни хімічного складу пігулки, також є ймовірність зміни лікарської дії або зниження активних речовин у складі даного лікарського засобу.

Слід зазначити, що прийом пігулки часто несприятливо впливає на окремі органи або суб'єктивні відчуття хворого. Так, деякі лікарські речовини, що містяться в таблетках, у ряді випадків викликають нудоту, блювоту, дратують слизову оболонку стравоходу або шлунку. Ряд лікарських речовин, особливо антибіотики, ферменти і деякі гормони, можуть руйнуватися при взаємодії з шлунковим соком. Вищезазначені фактори обумовлюють необхідність нанесення на поверхню пігулок покриттів, які змогли б захистити їх від впливу зовнішніх факторів і усунути подразнюючу дію лікарських речовин на травний тракт [1].

Покриття пігулок оболонками має багатостороннє значення і такі цілі:

- захист від екстремальних факторів зовнішнього середовища (ударів, стирання);
- захист від впливів навколишнього середовища (світло, волога, кисень і вуглекислий газ);
- маскування неприємного смаку і запаху, що містяться в пігулках лікарських речовин;
- захист від фарбувальний здатності лікарських речовин, що містяться в пігулках, (наприклад, у таблетках активованого вугілля);
- захист слизової рота, стравоходу і шлунку від подразнюючої дії лікарських речовин;

- локалізація терапевтичної дії лікарських речовин у певному відділі шлунково-кишкового тракту;
- пролонгування терапевтичної дії лікарських речовин в таблетках;
- подолання несумісності різних речовин, що знаходяться в одній пігулці, шляхом введення їх до складу оболонки і ядра;
- поліпшення товарного вигляду пігулок і зручності їх застосування.

В залежності від способу отримання лікарської форми, визначається стабільність даного препарату, інтенсивність всмоктування та терапевтична ефективність. Спосіб грануляції для отримання пігулок обумовлює ступінь збереження ряду діючих речовин в готовій фармацевтичній продукції. Наприклад, при виготовленні резерпіну та антибіотиків, під час процесу грануляції не припустима волога, так як починається процес розкладання діючих речовин [2].

З метою підтримки концентрації лікарської речовини в організмі на певному рівні, при виготовленні деяких пігулок використовуються допоміжні речовини, що уповільнюють швидкість вивільнення лікарських речовин.

Розглянемо особливості технологічного процесу виготовлення гранульованого матеріалу.

1.2 Особливості технологічного процесу виготовлення гранульованого матеріалу

Технологія виготовлення гранульованого матеріалу та спосіб нанесення покриття залежить від цільового призначення матеріалу, забезпечення захисту від впливів зовнішніх факторів тощо. Залежно від способу нанесення, розрізняють дражовані, плівкові та пресовані покриття; склад покриття залежить від середовища, в якому повинно розчинитися покриття: в шлунку або кишківнику. Дражована пігулка складається з таблетки-ядра, що містить лікарську речовину або речовини, і покриття, що містить кілька допоміжних речовин.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з способів нанесення покриття на пігулку є – цукрове дражування. [3]. Цукрове дражування дозволяє нанести декілька шарів покриттів, одною з цілей є маскування смаку. Даний вид дражування застосовується для чутливих до температури і ламких твердих лікарських форм. Першою стадією даної технології є розпорошення розчину для дражування на частку (пігулку). Повітря, яке подається в апарат, випаровує рідину і висушує шар цукру. Переривчастою подачею розчину частки залишаються в процесі до тих пір, поки не буде досягнута бажана товщина шару. Покриття частинок здійснюється рівномірно по поверхні, при цьому товщина шару коливається в межах від 0,5 до 2 мм.

Дражування проводиться в спеціальних апаратах – коутерах – трьох форм: кулястої, еліпсоїдної та грушоподібної. Найбільш поширеною є еліпсоїдна форма. Її перевага полягає в можливості більшого завантаження таблетками, тим самим досягається велика продуктивність при проведенні даного процесу. Крім того, у коутерах еліпсоїдної форми створюються оптимальні обертальні рухи дражування таблеток, що прискорюють і поліпшують умови нанесення покриття.

Коутер обертається в напрямку за годинниковою стрілкою навколо осі, розташований під нахилом (вертикальне і горизонтальне перемішування), що дозволяє досягти гарного змішування. Діаметр коутерів, виготовлених найчастіше з міді, становить від 0,7 до 1,5 м. Кут нахилу коутера до горизонталі становить 30 ° або 45 °, оптимальне завантаження 25 – 30% від обсягу коутера. Оптимальна швидкість обертання становить 20 – 40 об/хв, число обертів підбирають в залежності від ходу технологічного процесу.

Стадії технологічного процесу дражування таблеток наступні:

- опудрювання;
- нашарування – найважливіша стадія, так як саме на цій стадії відбувається утворення всіх оболонок;
- згладжування, або полірування;
- глянцювання – остання стадія дражування, при якій таблеткам надається блиск, товарний вигляд.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Професор П. Д. Пашнев у 1975 р розробив новий спосіб покриття таблеток – суспензійний метод дражування, дисперсійним середовищем в якому є 70% цукровий сироп. У сироп вводять полівінілпіролідон (ПВП) в якості пластифікатора, карбонат магнію основний в ролі наповнювача, титану діоксид як барвник і аеросил для стабілізації суспензії [4]. ПВП є високомолекулярним з'єднанням, молекули якого, приєднуючись один до одного, утворюють в розчині просторову сітку. Молекули цукру, розчинені у воді, виявляються ув'язненими в осередки сітки. У процесі сушіння оброблюваних пігулок вода, що знаходиться в окремих осередках, видаляється. Цукор який залишився в комірках, кристалізуючись, не має можливості з'єднуватися в агломерати. Таким чином утворюються дрібнодисперсні кристали, що володіють невеликою крихкістю і високою пластичністю.

Компанія BASF (Німеччина) пропонує використовувати при цукровому дражуванні спеціальні речовини коллідон 25 і коллідон 30. Фізичні характеристики даних речовин, запобігають утворенню мікротріщин, адгезії шару цукру до ядра таблетки, розподіл барвника відбувається рівномірно по покриттю таблетки, досягається більш повільна і однорідна кристалізація цукру, що сприяє якіснішому процесу нанесення покриття. Недоліком покриття з цукру є те, що такий вид покриття сильно схильний до розтріскування, особливо коли їх наносять на великі партії ядер таблеток, які швидко сушать. Оскільки більшість лікарських речовин є гідрофобними, коллідон 25 і коллідон 30 застосовують в якості добавок для запобігання відшаровування покриття таблетки від її ядра під час виготовлення [25].

Сучасніший спосіб процесу цукрового дражування пропонує компанія Glatt (Німеччина), вона використовує для цього барабанні установки нового покоління. Нанесення покриття в установках барабанного типу забезпечує дбайливу обробку, перш за все, чутливих до температури і ламких лікарських форм. При цукровому дражуванні, а також для покриття плівкою компанія Glatt використовує метод, при якому зверху за допомогою двокомпонентної форсунки на частку наноситься спеціальний розчин.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переміщення і змішування частинок в установці GMPC II Glatt забезпечується за рахунок обертання барабана. У барабан подається спеціально очищене технологічне повітря, яке висушує шар та випаровує рідину. Шляхом підбору параметрів технологічного процесу досягають запобігання розм'якшення та липкості поверхні частинок. Завдяки суцільній перфорації циліндричної частини барабана, відбувається ефективний теплообмін та зменшення тривалості технологічного процесу [24].

Значними перевагами цукрового дражування, запропонованого компанією Glatt є дбайливе перемішування і нанесення покриття на таблетки за рахунок геометрії барабана і спеціально розроблених компанією перемішуючих лопатей Фішера, які забезпечують абсолютно рівномірне перемішування при мінімальному механічному впливі на продукт.

Компанія DGM (Швейцарія) розробила установку для нанесення цукрового покриття з ефективною системою розпилення середовища покриття і сушінням. Пігулки, що знаходяться в обертовому перфорованому барабані установки, здійснюють складні орбітальні переміщення, під час яких середовище покриття автоматично розпорошується над ними відповідно до заданого технологічним процесом. У той же самий час гаряче повітря подається в барабан, проникаючи через шар таблеток, завдяки чому поверхня покриття таблеток сушиться швидко і рівномірно. Таким чином, відбувається формування міцного і гладкого тонкошарового покриття.

Розглянемо технологічну схему процесу гранулювання та нанесення оболонки на прикладі виробництва пігулок, вкритих оболонкою [26].

1.3 Опис технологічної схеми процесу

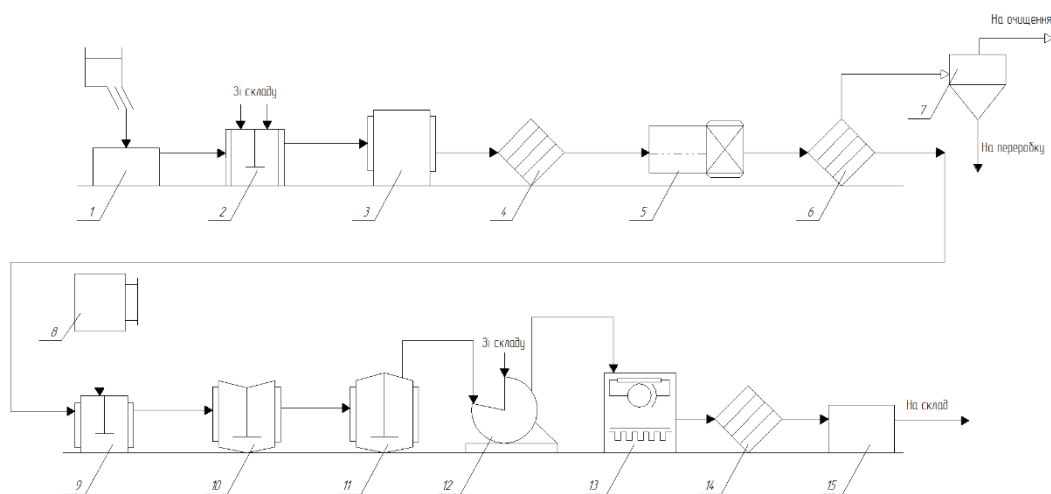


Рисунок 1.1 – Схема процесу виробництва пігулок, вкритих оболонкою

1, 15 – збірник; 2 – гранулятор, 3 – теплообмінник; 4 – прес для пігулок; 5 – сушарка; 6 – шліфувальний пристрій; 7 – циклон; 8 – мірник; 9 – змішувач; 10, 11 – реактори; 12 – коутер; 13 – апарат для контролю якості; 14 – апарат для фасування в блістери.

На першому етапі виробництва, вихідні речовини просіюють та зважують згідно з технологічними вимогами перед подачею у збірник (1) вихідні речовини просіюють та зважують згідно з технологічними вимогами. Отримана суміш змішується та зволожується в апараті (2), тобто відбувається процес грануляції; далі суміш обробляють спеціальними речовинами для кращого ковзання та для того, щоб забезпечити їх кращу текучість та пресованість. Змішування проводиться протягом 15 хвилин. Змішувач обладнаний пристосуванням для перекидання корпусу при завантаженні та вивантаженні. Далі отриманий гранулят поступає до апарату (3). В ньому відбувається процес нагрівання грануляту до температури $27 \pm 3^\circ\text{C}$. У парову сорочку при цьому подають гарячу воду з загальноцехової збірки. Отриманий гранулят подається через завантажувальний бункер в робочу камеру пресу для пігулок (4) невеликими порціями, де вона продавлюється через отвори сітки робочими органами і

самопливом поступає в лотки. Сформовані ядра пігулок ставлять зверху вниз на пересувні стелажі сушарки (5). Відхилення в масі окремих пігулок-ядер допускається не більше 10% від середньої маси пігулки. Сушку вологого грануляту здійснюють в поличній сушарці при температурі $(58 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 12-14 годин, періодично перемішуючи. Висушені ядра поступають в спеціальний шліфувальний пристрій (6), який обладнаний циклоном (7) для знепилення повітря. У апаратах 9-11 відбувається формування оболонки: у апаратах 9,10 нанесення попереднього шару на ядра пігулок, у 11 апараті відбувається опилювання пігулок. Речовини, необхідні для формування оболонки, поступають зі спеціального мірника з нержавіючої сталі (8), Покриті оболонкою пігулки поступають в коутер (12), де завершується процес покриття пігулок оболонкою. Далі пігулки поступають в спеціальний апарат (13), який контролює якість нанесеного покриття. Таблетки, які пройшли контроль якості, відправляються в апарат (14) для запаковування в блістери та фасування їх в коробки. Сформовані блістери в коробках фасуються в спеціальні контейнери (15) та відправляються на склад.

1.4 Аналіз схеми виробництва гранульованого матеріалу як технологічного об'єкту керування

Аналіз технологічної схеми показав, що автоматичне підтримання параметрів процесу гранулювання забезпечує дотримання технологічного регламенту, рівномірний розподіл діючої речовини, мінімізує кількість відходів.

Автоматична підтримання температури отриманого грануляту в теплообміннику дозволить збільшити якість процесу пресування. Керування процесом нагрівання доцільно здійснювати за заданим завданням по вологому грануляту.

Основне збурення процесу – це зміна витрати початкової вологості та дисперсного складу частинок твердого матеріалу, зміна витрат та початкової температури теплоносія.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не менш важливими є керування та спостереження за такими параметрами процесу:

- контроль вологості та температури гранулята в грануляторі, регулювання вологості та температури ядр пігулок в сушарці;
- контроль витрати постачання допоміжних речовин в теплообмінник з сорочкою;
- контроль тиску та температури в реакторах (11) та (12);
- контроль швидкості обертання, контроль та сигналізація витрат речовин, які поступають з форсунки в коутері;

Таким чином, процес виробництва гранульованого матеріалу проаналізовано як технологічний об'єкт керування, та визначено параметри, важливі для контролю та регулювання.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу виробництва гранульованого матеріалу

Матеріальний баланс – це співвідношення між кількістю вхідної сировини, матеріалів, напівпродуктів і проміжної продукції, використаних у виробництві, і кількістю фактично отриманої готової продукції, побічних продуктів, відходів і втрат, тобто співвідношення теоретично можливого і практично отриманого виходу готової продукції [14].

Задача розрахунку матеріального балансу полягає у знаходженні параметрів стану потоку в технологічній схемі.

Розглянута у 1 розділі технологічна схема може застосовуватись для виробництва диклофенак-натрію, глюкози та інших пігулок, вкритих оболонкою. Розрахунок матеріального балансу виконаємо для таблеток

Пігулки диклофенак–натрію 25 мг, вкритих оболонкою. За годину обладнання в змозі виробити 1 партію, яка налічує 35 000 пігулок.

Таблиця 2.1 – Речовини які входять в склад пігулок

Діюча речовина	Склад пігулки	На 1 таблетку, мг	На 100 000 г (готової продукції)
	Диклофенак-натрію	25	23 809,52
Допоміжні речовини	Лактоза моногідрат	30,5	29 047,62
	Сахароза	6,8	6 476,2
	Повідон	1,4	1 333,4
	Стеаринова кислота	0,94	895,24
	Крохмаль картопляний	35,36	33 676,19
Оболонка	Целацефат	3,967	3 778,1
	Рицинова олія	0,536	510,48
	Титан діоксид	0,371	353,4
	Фарбник тропеолін – О	0,124	118,1
	Фарбник азорубін	0,002	1,9
Загальна маса		105 мг	100 000 г

Маса пігулки складає 0,105гр

Матеріальні втрати на різних етапах виробництва:

Отримання маси для таблетування	0,2%
Таблетування та шліфування	0,3%
Нанесення покриття	0,3%
Фасування та пакування	0,5%

Стадія: отримання маси для таблетування (0,2%)

1. Диклофенак – натрію

23 809,52 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 47,62 \quad 23\,809,52 - 47,62 = 23\,761,9$$

2. Лактоза моногідрат

29 047,62 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 58,1 \quad 29\,047,62 - 58,1 = 28\,989,52$$

3. Сахароза

6 476,2 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 13 \quad 6\,476,2 - 13 = 6\,464,2$$

4. Повідон

1 333,4 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 2,7 \quad 1\,333,4 - 2,7 = 1\,330,7$$

5. Стеаринова кислота

895,4 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 1,8 \quad 895,4 - 1,8 = 893,6$$

6. Крохмаль картопляний

33 676,19 - 100%

$$x - 0,2\% \quad x = 67,35 \quad 33\,676,19 - 67,35 = 33\,608,8$$

Матеріальні втрати на стадії отримання маси для таблетування та грануляції становлять 189,45 г. Вони обумовлені тим, що на стадії змішування та передачі сировини до гранулятора втрачається 0,2%. лишається на стінках гранулятора.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стадія: таблетування та шліфування (0,3%)

1. Диклофенак – натрію

23 761,9 - 100%

x - 0,3% $x = 71,3$ $23\,761,9 - 71,3 = 23\,690,6$

2. Лактоза моногідрат

28 989,52 - 100%

x - 0,3% $x = 87$ $28\,989,52 - 87 = 28\,902,52$

3. Сахароза

6 464,2 - 100%

x - 0,3% $x = 19,4$ $6\,464,2 - 19,4 = 6\,444,8$

4. Повідон

1 330,7 - 100%

x - 0,3% $x = 4$ $1\,330,7 - 4 = 1\,326,7$

5. Стеаринова кислота

893,6 - 100%

x - 0,3% $x = 2,7$ $893,6 - 2,7 = 890,9$

6. Крохмаль картопляний

33 608,8 - 100%

x - 0,3% $x = 100,83$ $33\,608,8 - 100,83 = 33\,507,97$

Матеріальні втрати становлять 285,23 г. За рахунок виробництва ядр під таблет – пресом та процесом шліфуванням.

Стадія: Нанесення покриття на готові ядра пігулок(0,3%)

1. Целацефат

3 778,1 - 100%

x - 0,3% $x = 11,33$ $3\,778,1 - 11,33 = 3\,766,77$

2. Рицинова олія

510,48 - 100%

x - 0,3% $x = 1,53$ $510,48 - 1,53 = 508,95$

3. Титан діоксид

353,4 - 100%

$$x - 0,3\% \quad x = 1,06 \quad 353,4 - 1,06 = 352,34$$

4. Фарбник тропеолін – О

118,1 - 100%

$$x - 0,3\% \quad x = 0,354 \quad 118,1 - 0,354 = 117,746$$

5. Фарбник азорубін

1,9 - 100%

$$x - 0,3\% \quad x = 0,0057 \quad 1,9 - 0,0057 = 1,8943$$

Матеріальні втрати становлять 14,28 г. Такий відсоток втрати йде за рахунок того що, покриття ядер оболонкою відбувається розпиленням допоміжних речовин в коутері.

Стадія: перевірки якості, фасування та упакування (0,5)

Маса готових таблеток

99 511,89 - 100%

$$x - 0,5\% \quad x = 497,55 \quad 99\,511,89 - 497,55 = 99\,461,44$$

Матеріальні втрати становлять 497,55г. Такий відсоток за рахунок того, що не всі таблетки проходять перевірку якості.

Зміст речовин в готовій продукції:

1. Діючої речовини

$$(23\,690,6/23\,809,52) \cdot 100\% = 99,5\%$$

2. Допоміжних речовин

$$(75\,820,6/79\,190,63) \cdot 100\% = 95,7\%$$

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс всіх стадій виробництва

Речовина	Взято	Отримано	Втрата
Отримання маси для таблетування			
Диклофенак–натрію	23 809,52	23 761,9	47,62
Лактоза моногідрат	29 047,62	28 989,52	58,1
Сахароза	6 476,2	6 464,2	13
Повідон	1 333,4	1 330,7	2,7
Стеаринова кислота	895,4	893,6	1,8
Крохмаль картопляний	33 676,19	33 608,8	67,35
Таблетування та шліфування			
Диклофенак–натрію	23 761,9	23 690,6	71,3
Лактоза моногідрат	28 989,52	28 902,52	87
Сахароза	6 464,2	6 444,8	19,4
Повідон	1 330,7	1 326,7	4
Стеаринова кислота	893,6	890,9	2,7
Крохмаль картопляний	33 608,8	33 507,97	100,83
Нанесення покриття на готові ядра пігулок			
Целацефат	3 778,1	3 766,77	11,33
Рицинова олія	510,48	1,53	508,95
Титан діоксид	353,4	1,06	352,34
Фарбник тропеолін – О	118,1	117,746	0,354
Фарбник азорубін	1,9	1,8943	0,0057
Перевірки якості, фасування та упакування			
Маса готових таблеток	99 511,89	99 461,44	497,55

З метою розрахунку матеріального балансу обраної частини технологічної схеми використано програмний продукт ChemCad. Побудована схема процесу змішування та зволоження зображена на рисунку 2.1. Гранулятор замінено сушаркою та змішувачем.

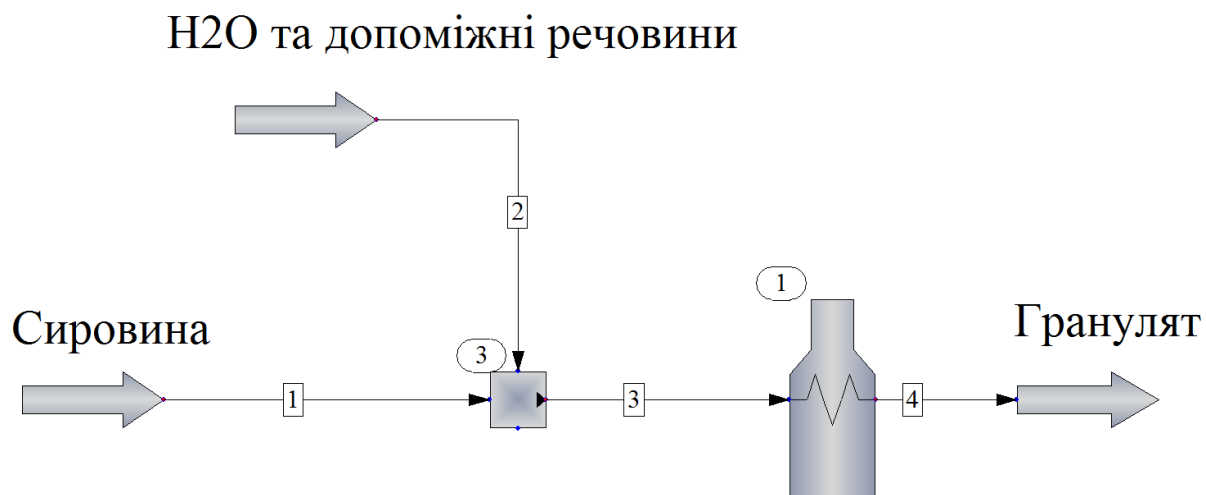


Рисунок 2.1 – Схема процесу гранулювання Диклофенак – натрію та допоміжних речовин

Таблиця 2.3 – Перелік обладнання в ChemCad

№	Апарат	Ім'я в симуляторі	Вхідні потоки	Вихідні
1	Сушарка	Fired Heater	1	3
2	Змішувач	Mixer	2, 3	4

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс змішувача

Компоненти	Змішувач		
	Вхід		Вихід
	2 потік	3 потік	4 потік
	г/год	г/год	г/год
Повідон	1 333,4		1 333,4
Вода	400		400
Гранулят		93 904,77	93 904,77
Цетиловий спирт	200		200

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс сушарки

Компоненти	Сушарка	
	Вхід	Вихід
	1 потік	3 потік
	г/год	г/год
Диклофенак – натрію	23 809,52	23 809,52
Лактоза моногідрат	29 047,62	29 047,62
Сахароза	6 476,2	6 476,2
Стеаринова кислота	895,24	895,24
Крохмаль картопляний	33 676,19	33 676,19

Результати розрахунку матеріального балансу технологічної схеми можуть бути використані для розрахунку капіталовкладень у виробництво пігулок, вкритих оболонкою.

3 Розрахунок елементів системи керування процесом гранулювання

У розділі 1 визначено величини, що підлягають контролю та регулюванню, а також канали проходження керуючих впливів. Вибір типу автоматичного регулятора здійснюють з урахуванням обраного каналу регулювання. У хімічній технології найчастіше застосовують регулятори безперервної дії (І – П – , ПІ – , та ПІД – регулятори). При виборі закону регулювання враховують властивості хіміко – технологічного об’єкту; максимальну величину збурення; прийнятий для даного ТОК вид типового перехідного процесу; допустимі значення показників якості процесу регулювання (динамічна і статична похибки, час регулювання тощо) [14].

3.1 Вибір типу автоматичного регулятора

На першому етапі вибору закону регулювання Визначаємо числові значення k_1 та T_1 , по отриманим експериментальним перехідним характеристикам зі збірника для сировини.

За графіком часової характеристики, представленої на Рис. 3.1, можна припустити, що у апараті протікає аперіодичний перехідний процес без самовирівнювання.

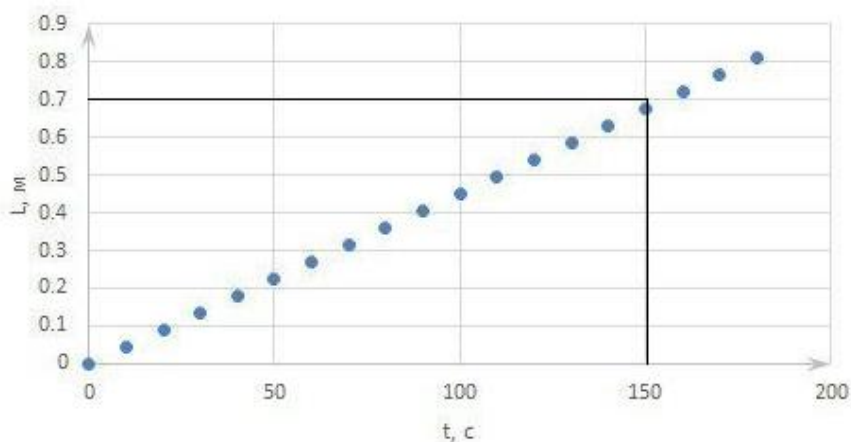


Рисунок 3.1 – Часова характеристика збірника

Початкові умови для розрахунків: $x_B = 0,7$

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З графіку видно, що $k_1 = 0,7$, $T_1 = 150\text{с}$ (0,04 год)

У змішувачі, часова характеристика якого представлена на Рис. 3.2, протікає аперіодичний процес з самовирівнюванням.

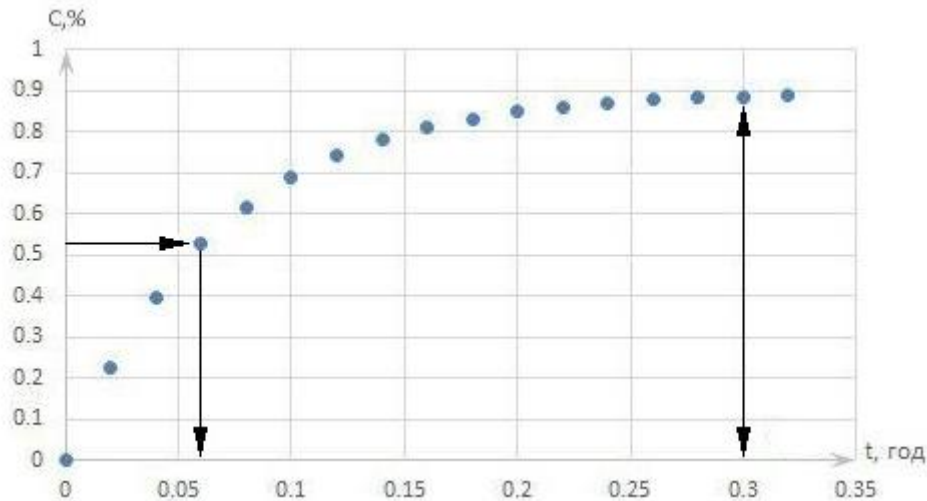


Рисунок 3.2 – Часова характеристика змішувача

Початкові умови для розрахунків: $x_B = 0,9$

З графіку видно, що $k_2 = 1,698$, $T_2 = 216\text{с}$ (0,06 год)

$$\frac{\tau}{T_2} = 0,625 \quad (3.1)$$

Відповідно до графіка, представленого на рис. 3.3, можна зробити висновок, що у теплообміннику протікає аперіодичний процес з самовирівнюванням із запізненням. Початкові дані для розрахунків: час запізнення $\tau = 0,05$ годин та $x_B = 22\text{С}^\circ$.

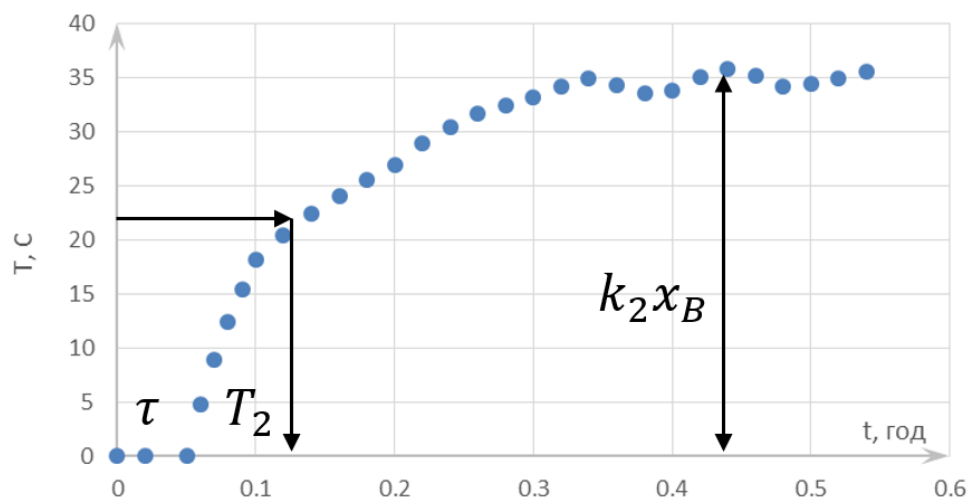


Рисунок 3.3 – Часова характеристика теплообмінника

З графіку видно, що $k_3 = 1,002$, $T_3 = 288\text{с}$ (0,08 год)/

$$\frac{\tau}{T_3} = 0,625 \quad (3.2)$$

Для даного об'єкта вибираємо регулятор не перервної дії, оскільки

$$0,2 < \frac{\tau}{T_3} < 1 \quad (3.3)$$

Знаходимо динамічні коефіцієнти регулювання за графіком, представленим нижче (рис.3.3).

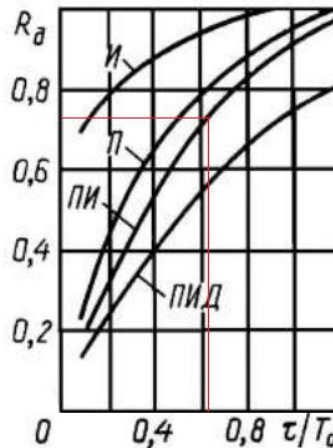


Рисунок 3.4 – Динамічний коефіцієнт регулювання

Знаходимо динамічні коефіцієнти регулювання за графіком $R_d = 0,71$ та розраховуємо $u_d = R_d k_3 x_B = 15,65$. Перевіряємо умови:

$$u_d < u_{d, \text{доп}} \quad (3.4)$$

$$15,65 < 40 \quad (3.5)$$

Умова виконується тому перевіряємо наступну умову:

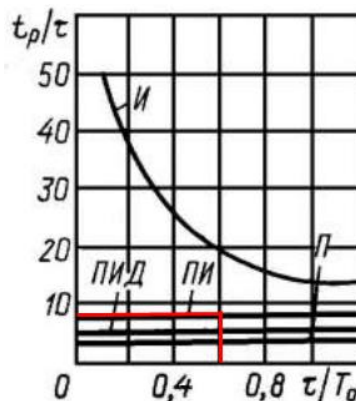


Рисунок 3.5 – Графік залежності

$$0,45 < 0,6 \quad (3.5)$$

Умова виконується. Отже, для даного типу об'єкту обираємо ПІ – регулятор. Рівняння динаміки для аперіодичного об'єкта першого порядку з запізненням має вигляд

$$T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau) \quad (3.6)$$

$$0,04 \cdot 0,06 \cdot 0,08 \cdot \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,002 x(t - 0,05) \quad (3.7)$$

За видом часових характеристик можна зробити допущення, що збірник можна описати нейтральною ланкою, реактор з мішалкою – аперіодичною ланкою першого порядку, а теплообмінник – аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням.

Рівняння динаміки та передавальні функції для апаратів технологічної схеми, в яких відбувається процес гранулювання, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення параметрів передавальної функції

Апарат	Рівняння динаміки	Передавальна функція
Збірник сировини	$150 \frac{dy(t)}{dt} = x(t)$	$w(p) = \frac{1}{150p}$
Реактор з мішалкою	$0,06 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 1,6x(t)$	$w(p) = \frac{1,6}{0,06p + 1}$
Теплообмінник	$1,6 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = 1,6x(t - 0,05)$	$w(p) = \frac{1,6}{T_2 p + 1} e^{-0,05p}$

Передавальні функції збірника для сировини, реактора з мішалкою та теплообмінника використано в якості передавальних функцій об'єкта при розрахунку оптимальних параметрів налаштувань регулятора.

3.2 Алгоритм розрахунку оптимальних параметрів налаштувань автоматичного регулятора

Параметри налаштування регуляторів повинні бути обрані такими, щоб у замкненій системі автоматичного регулювання забезпечити заданий запас стійкості.

Найбільш поширеними методами розрахунку оптимальних налаштувань регуляторів, є наступні:

- експериментальний метод (базується на використанні даних, отриманих експериментально на реальному об'єкті);
- незатухаючих коливань (у працюючій системі вимикаються інтегральна і диференціальна складові, тобто система переводиться у режим регулювання із П-законом регулювання);
- затухаючих коливань (дозволяє налаштовувати регулятори без виведення системи на критичні режими роботи);
- формульний метод;
- за частотними характеристиками об'єкта;
- графоаналітичний (Метод Ротача).

В даній роботі застосовано розрахунок оптимального налаштування регулятора за величиною максимуму АЧХ (на показник коливальності M).

Згідно методу, вважається, що значення $M=1,62$ є оптимальним для промислових САР, оскільки в цьому випадку перерегулювання забезпечується в межах від 20% до 40%.

При $M=1,62$ порядок налаштувань ПІ – регулятора буде наступним:

1. Будують АФХ об'єкта.
2. Задаються значенням постійної часу регулятора.
3. Будують АФХ розімкненої системи при $k_p = 1, T_U = T_{U1}$
4. Будують промінь під кутом $\beta = 38^\circ$ до від'ємної дійсної піввісі.
5. Будують М-коло з центром на від'ємній дійсній піввісі, яке одночасно дотикається до променю і до АФХ розімкненої системи.
6. Визначають радіус отриманого кола r .
7. Визначають необхідний коефіцієнта підсилення регулятора k_p .
8. Таким чином, отримують першу пару налаштувань ПІ–регулятора.
9. Процедуру повторюють декілька разів (4-5) і отримують відповідне число рівноцінних пар налаштувань ПІ–регулятора.

10.3а результатами розрахунків в площині параметрів налаштувань ПІ-регулятора k_p та T_U будують границю області запасу стійкості рисунок 3.6.

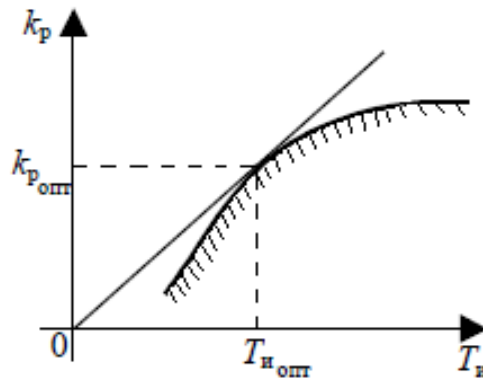


Рисунок 3.6 – границя області стійкості ПІ-регулятора та його оптимальні налаштування

Розрахунки оптимальних налаштувань ПІ-регулятора в середовищі MathCad наведені в додатку Г.

3.3 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля

Відповідно до вибору типу і пошуку оптимальних налаштувань регулятора, розроблено проект у середовищі Visual Studio C# .Net Framework, програмний код обчислюваного модуля наведено в додатку А, алгоритм роботи програми наведений в додатку В.

Структура обчислювального модуля:

- файли форм – MainWindow.Designer.cs
- файл проекту – MainWindow.cs

Призначення основних елементів програмного модуля наведено нижче в таблицях 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Основні елементи програмного модуля

Елемент	Назва	Призначення
Форма	MainWindow.Designer	Основна форма що містить поля для введення вхідних даних, представлення результатів розрахунку у вигляді формули та графіків. Також містить довідку для користувача.
Текстові поля	float[] _amplifyCoefficients; float[] _timeValues;	Введення вхідних даних для розрахунків.
Спадний список	RegulatorCalculator.RegulatorType _chosenRegulatorType;	Вибір типу регулятора
Графіки	private enum GraphicShowStyle	Представлення – результатів розрахунку у вигляді графіків

Розроблений програмний модуль складається з наступних методів обробки подій, які наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Методи обчислювального модуля

Назва методу	Призначення
T11culate _Click	Обробка процедури натиснення кнопки розрахунку, виклик процедури виконання розрахунків
button1_Click	Обробка процедури закриття форми з довідкою
RegulatorCalculator.RegulatorType _chosenRegulatorType;	Обробка процедури введення стандартних значень для обрахунку оптимальних налаштувань регулятора

3.4 Інструкція користувача до програмного продукту

Програмний модуль призначений для розрахунку оптимальних налаштувань регулятора. Графічний інтерфейс програми представлений вікном, кнопками керування та ін. Головне вікно програми користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку.

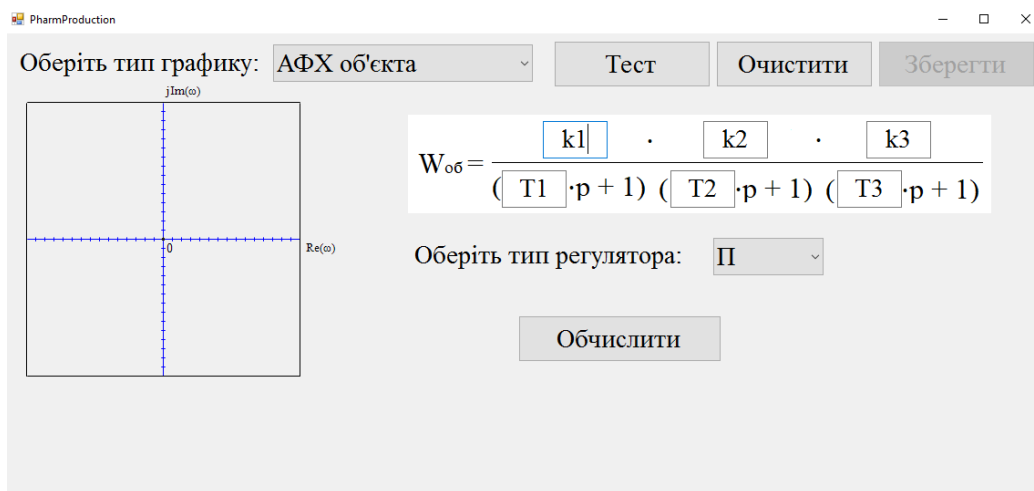


Рисунок 3.7 – Головне вікно програми

Користувач може ввести свої значення в передавальну функцію об'єкта, або скористатися тестовими значеннями, натиснув клавішу тест.

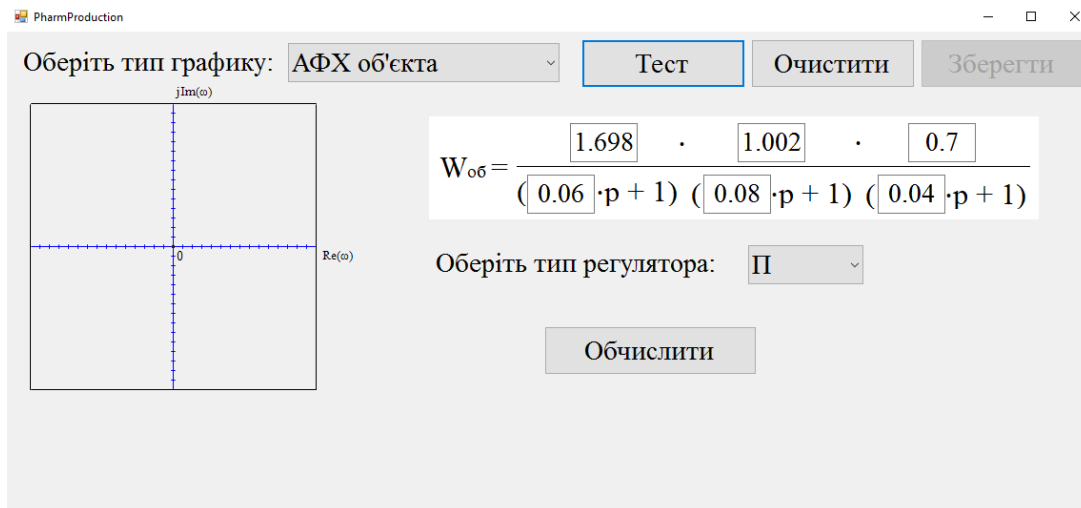


Рисунок 3.8 – Результат натискання кнопки «Тест»

Після вводу коефіцієнтів рівняння, користувач може вибрати тип регулятора з випадаючого списку для якого потрібно розрахувати налаштування.

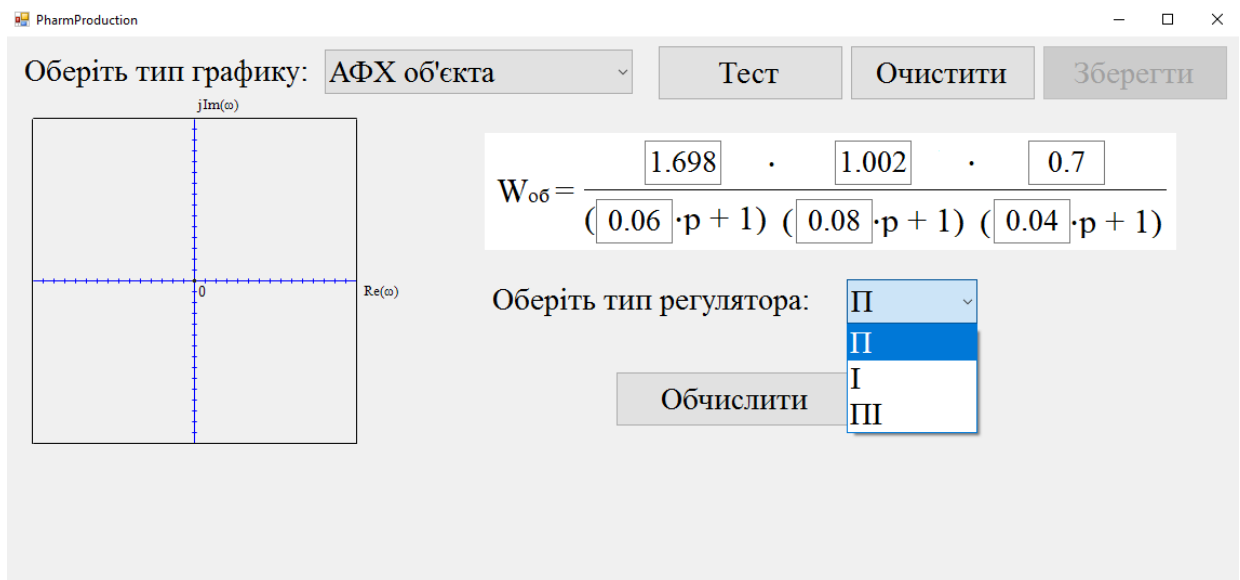


Рисунок 3.9 – Вибір типу регулятора

Далі користувач може натиснути кнопку «Обчислити».

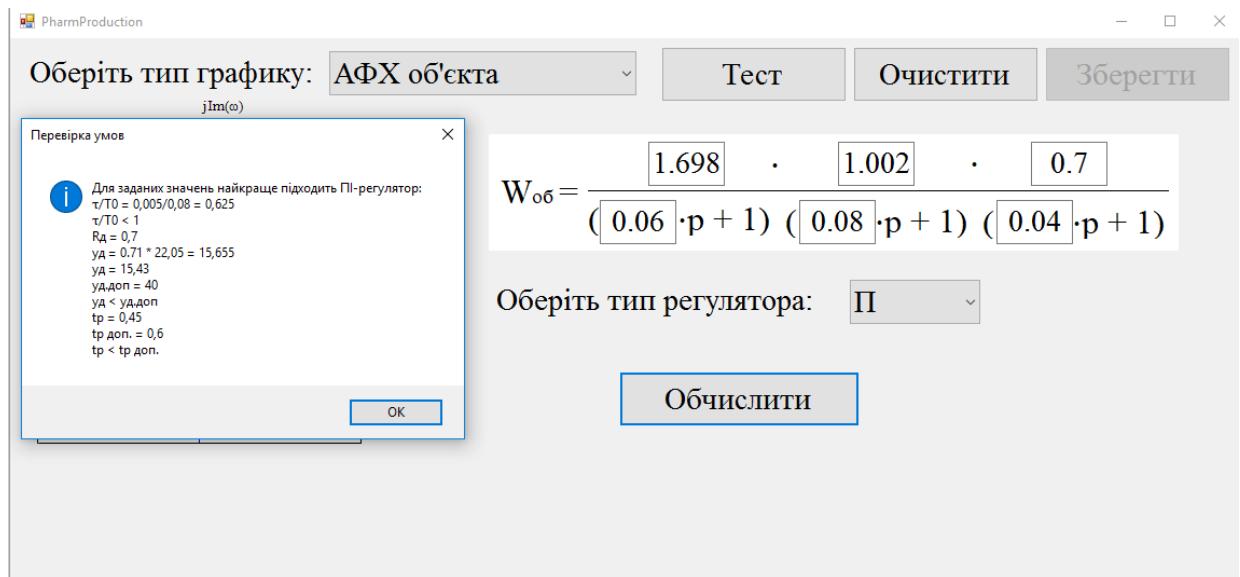


Рисунок 3.10 – Попередження користувачу

Якщо користувач вибрав регулятор, який за умовами не підходить для даного об'єкту (наприклад, І-регулятор, як показано на рис. 3.XX), програма сповіщає його про це у впливаючому вікні «Перевірка умов» та надає рекомендації, який регулятор з краще обрати. Після натискання на кнопки «Ок» програма завершить процес обчислення та виведе результат.

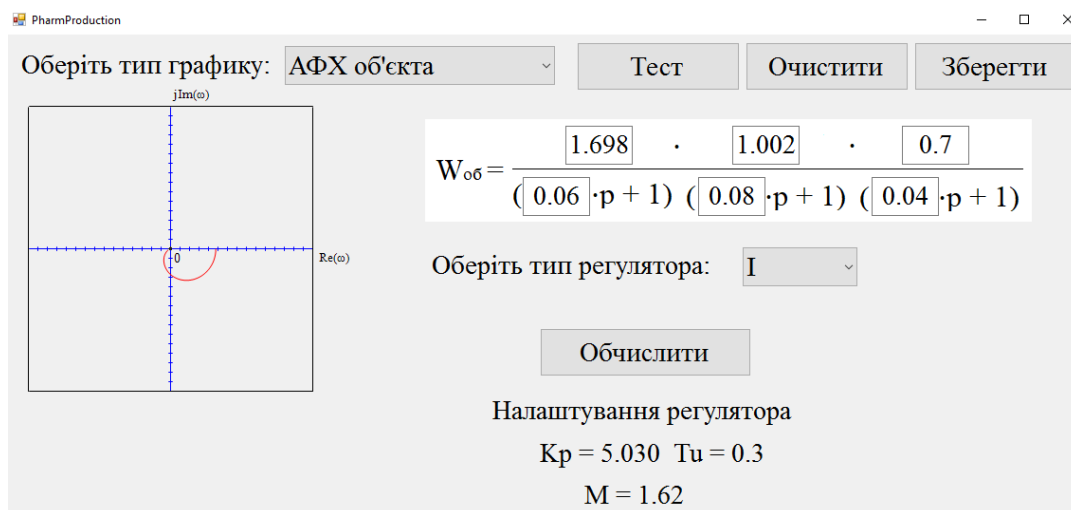


Рисунок 3.11 – Результат обчислень

Також в програмі передбачено графічна візуалізація обчислень. За замовчуванням програма виводить АФХ об'єкта. Але користувач має можливість вибрати будь-який інший графік з представлених йому у випадіючому вікні.

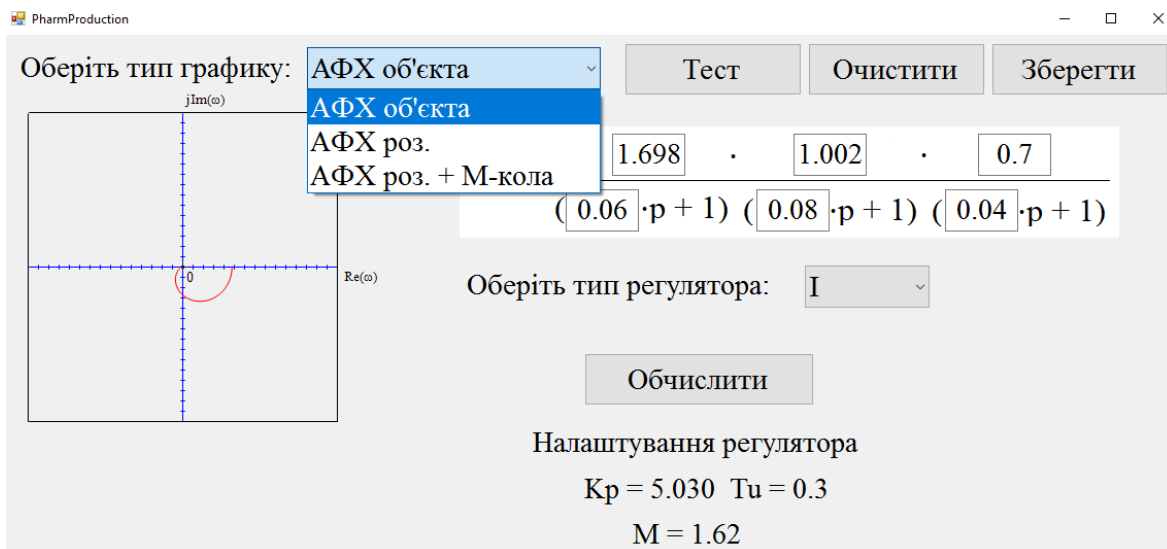


Рисунок 3.12 – Вибір типу графіка

На рисунку 3.13 наведено приклад АФХ розімкненої системи з М – КОЛОМ.

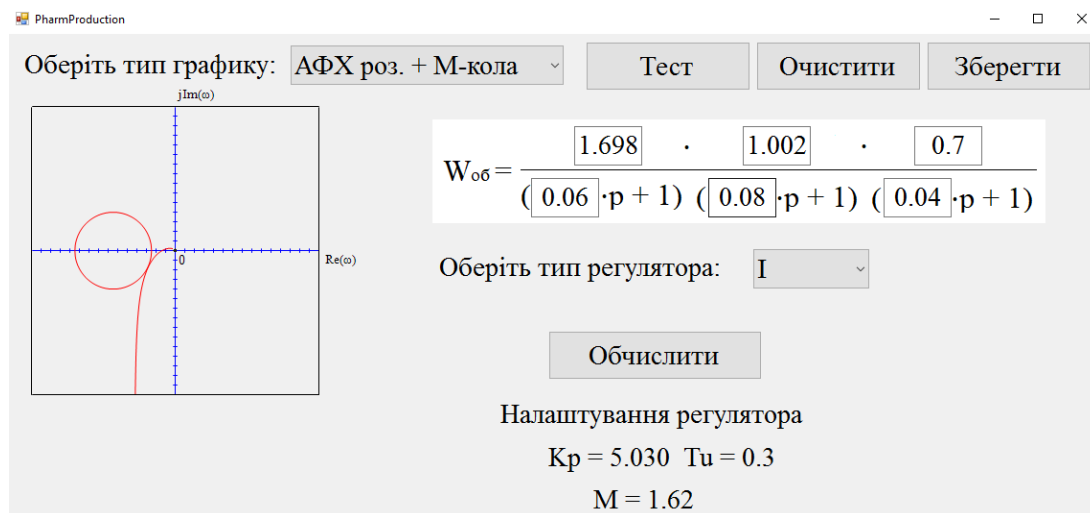


Рисунок 3.13 – Вибір типу графіка

Головне вікно програми також містить кнопку «Очистити», яка призначена для очищення поля для вводу даних. Також користувачу доступна функція зберігання результатів обчислення, для чого необхідно натиснути кнопку «Зберегти».

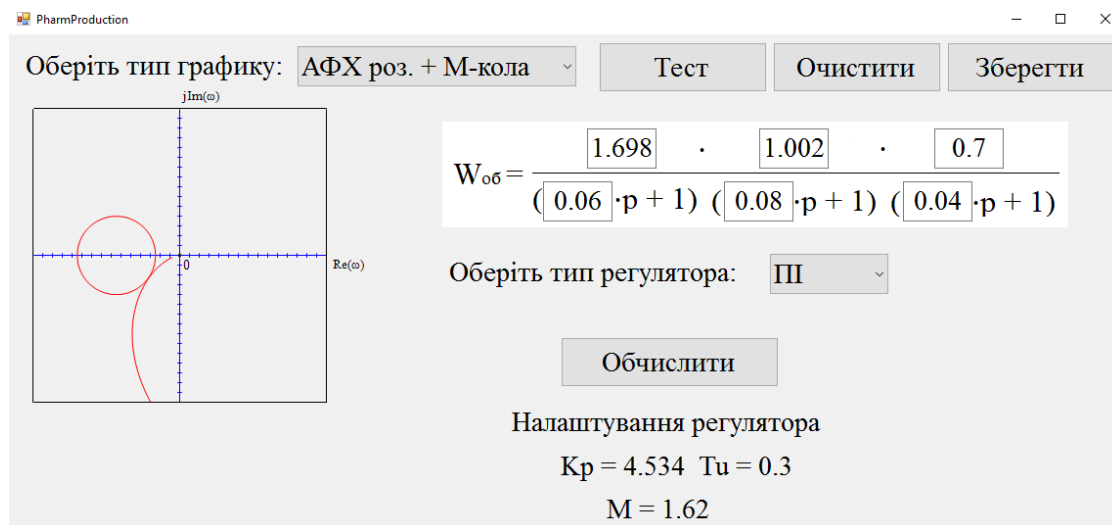


Рисунок 3.14 – Результат налаштувань ІІІ-регулятора

Таким чином, за результатами комп'ютерного розрахунку, оптимальним для заданої системи є ІІІ-регулятор.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу виробництва гранульованого матеріалу

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація процесу є найважливішим етапом проектування виробництва не залежно від його специфіки. Також на даному етапі максимально виключають людський труд, тому що людина не в змозі контролювати та швидко реагувати на різні зміни параметрів апаратів виробництва. Дуже важливо знизити людський фактор, для запобігання помилок. З цією метою задаються рівні параметрів та способи їх керування.

Автоматизація виробничих процесів – використовує відомі методи і засоби для систем, що здатні управляти технологічним процесом без участі людини.

Автоматичний контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу [15].

Метою технологічного процесу, що розглядається у даній роботі, є виробництво фармакологічних пігулок деклофенак–натрію вкритих оболонкою для захисту від зовнішніх чинників.

Головними задачами, що вирішуються, є такі:

- захист від екстремальних факторів зовнішнього середовища (ударів, стирання);
- захист від впливів навколишнього середовища (світло, волога, кисень і вуглекислий газ);
- маскування неприємного смаку і запаху, що містяться в таблетках лікарських речовин;
- захист від фарбувальний здатності лікарських речовин, що містяться в таблетках (наприклад, таблетки активованого вугілля);

- захист містяться в таблетках лікарських речовин від кислої реакції шлункового соку;
- захист слизової рота, стравоходу і шлунку від подразнюючої дії лікарських речовин;
- локалізація терапевтичної дії лікарських речовин в певному відділі шлунково-кишкового тракту;
- пролонгування терапевтичної дії лікарських речовин в таблетках;
- подолання несумісності різних речовин, що знаходяться в одній таблетці, шляхом введення їх до складу оболонки і ядра;
- поліпшення товарного вигляду таблеток і зручності їх застосування.

Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення нормальної роботи підприємства, безпечного протікання процесу та для отримання якісного кінцевого продукту, потрібні такі контури автоматизації:

- регулювання температури в теплообміннику з сорочкою;
- контроль вологості та температури гранулята в грануляторі;
- регулювання вологості та температури ядер пігулок в сушарці;
- контроль витрати постачання допоміжних речовин в теплообмінник з сорочкою;
- регулювання температури в теплообміннику з сорочкою;
- контроль тиску та температури в реакторі (11);
- контроль тиску та температури в реакторі (12);
- контроль швидкості обертання, контроль та сигналізація витрат речовин які поступають з форсунки в коутері;
- контроль температури запайки блістерів.

Тому на підставі даного аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва. В результаті чого, було обрано регульовані і регулюючі параметри, об'єкти автоматизації, а також визначено параметри контролю та регулювання.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно для обраних параметрів регулювання, були вибрані місця для заміру параметрів на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів. Всі дані про необхідні параметри регулювання та контролю виробництва наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та регулюванням виробництва

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації
1	Теплообмінник	Температура	$30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	контроль, регулювання
2	Гранулятор	Вологість	20%	контроль
3	Гранулятор	Температура	$30 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$	контроль
4	Сушарка	Вологість	7%	контроль
5	Сушарка	Температура	$65 \pm 3,25^{\circ}\text{C}$	регулювання
6	Трубопровід вивантаження допоміжної речовини	Витрата	$10 \pm 0,5 \text{ м}^3/\text{год}$	контроль
7	Реактор (11)	Температура	$60 \pm 1^{\circ}\text{C}$	контроль
8	Реактор (11)	Тиск	0,6МПа	контроль
9	Реактор (12)	Температура	$40 \pm 1^{\circ}\text{C}$	контроль
10	Реактор (12)	Тиск	0,4МПа	контроль
11	Коутер	Швидкість об.	24 об/хв	контроль
12	Коутер	Витрата	$0,05 \text{ м}^3/\text{год}$	контроль та сигналізація
13	Апарат формування блістерів	Температура	$100 \pm 10^{\circ}\text{C}$	контроль

На основі обраних параметрів обирають технічні засоби автоматизації. Засоби автоматизації підбирають, враховуючи особливості технологічного режиму. При цьому слід дотримуватися наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуємо однотипні засоби автоматизації;

- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.

На основі наведених даних у таблиці 4.1 та правил, розроблено схему автоматизації процесу покриття пігулок оболонкою. Для даної схеми підібрані необхідні технічні засоби (первинні та проміжні перетворювачі, вторинні прилади, регулятори, виконавчі механізми тощо) за допомогою каталогів виробників технічних засобів автоматизації[15]. Засоби автоматизації представлені в специфікації, яка наведена в додатку В.

4.2.Опис розробленої схеми автоматизації

Контроль температури

Для контролю та регулювання температури в апаратах (II, III, V, IX, X, XI, XIV) було обрано термоперетворювач опору мідний ТСМ 9623 (поз. 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1,11-1, 12-1), діапазон вимірювання температури 0-120°C. Призначений для вимірювання температур рідких, твердих та сипучих речовин. Значення опору перетворюється в уніфікований сигнал 0 – 5 мА. Отриманий уніфікований сигнал з датчика поступає на електричний ПД – регулятор (поз. 6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2,11-2, 12-2) з вихідним сигналом 0 – 5 мА. З регулятора сигнал поступає на виконавчий механізм з вхідним сигналом 0 – 5 мА.

Контроль витрат

В якості первинного перетворювача витрат будемо використовувати діафрагму камерну ДКС 10 – 50 (поз.1-1), умовний тиск вимірювального середовища в трубопроводі 10 мПа. Діаметр труби становить 50 мм. З діафрагми

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камерної далі передається сигнал на дифманометр мембранний ДМ – 3583М, який перетворює величину перепаду тиску в уніфікований вихідний сигнал.

Контроль та регулювання тиску

Для ефективного контролю тиску було вибрано перетворювач тиску вимірювальний (4-1, 5-1). Призначений для вимірювання перепаду тисків, надлишкового, абсолютного тисків з верхніми межами вимірювань від 0,025 до 27580кПа. У моделях Rosemount 3051T і 3051CA для вимірювань використана технологія п'єзо резистивних сенсорів. Основними компонентами моделі Rosemount 3051 є сенсорний модуль і блок електроніки. У сенсорний модуль входять сенсорна система, заповнена маслом (розділова мембрана, система заповнення маслом і сенсор) і електронна частина. Електроніка сенсора встановлюється всередині сенсорного модуля і включає в себе температурний сенсор (температурний перетворювач опору), модуль пам'яті і перетворювач ємнісного сигналу в цифровий (C/D перетворювач).

Контроль вологості

Для вимірювання вологості в грануляторі (III) та в сушарці (V), обрано вологомір Мікрорадар 113K11K(поз. 14-1, 14-2, 14-3, 15-1,15-2, 15-3). Призначений для вимірювання вологості твердих, сипучих та пластичних матеріалів.

Даний прилад вимірює величину поглинання МХВ енергії вологим матеріалом і перетворює дану величину в цифровий код, відповідний вологості матеріалу. Сигнал сенсорів надходить в мікропроцесорний блок обробки, в якому відбувається обчислення вологості. Величина вологості показується на індикаторі табло мікропроцесорного блоку і перетворюється в аналогові виходи 4 – 20 мА. По каналу RS485 вологість, температура і сигнали сенсорів можуть передаватися в комп'ютер.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль швидкості обертання

Для контролю швидкості обертання барабана коутера (ХІІ) був підібраний тахометр (поз.15-2) оптичний дистанційний з цифровим виходом ДО – 03 – 04.

Даний тахометр використовує безконтактний принцип вимірювання частоти. Випромінювання і прийом світлового променя, відбитого від світло відбиваючої мітки, прикріпленою до видимої частини обертових механізмів в даному випадку барабану. Прийнята послідовність відбитих сигналів перетворюється в послідовність імпульсів рівня 3 В TTL-логіки. Отримана послідовність імпульсів перераховується програмою мікроконтролера в значення об / хв, які відображаються на шестизначному сегментному дисплею тахометра. Тахометр має також світлодіодний індикатор для контролю прийому променя, відбитого від світло відбиваючої мітки.

Контроль подачі сировини

Для подачі сировини в збірник (І) був підібраний пристрій безперервного вагового дозування Piovani Lybra LG (ХVІ).

Даний апарат має спеціальну системою управління по втраті ваги для вимірювання кількості сировини, що подається шнеком – дозатором до статичного збірника. В пристрій вбудований єдиний екран з інтуїтивними графічними інтерфейсами дозволяє оператору контролювати роботу всієї системи, порівнювати попередні налаштування дозування з фактичними значеннями, миттєво перевіряти дані виробництва і отримувати доступ до всіх функцій установки.

Контроль та підрахунок отриманої продукції

Для підрахунку готової продукції був вибраний лічильник імпульсів СИ1 РЗЩ (поз.3-, 3-2). Даний пристрій призначений для цифрового підрахунку об'єктів або одиниць імпульсів, які надходять на вхід лічильника від кінцевих

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимикачів, кнопок, безконтактних датчиків та включених виконавчих пристроїв після досягнення заданого значення результату розрахунку.

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу виробництва пігулок диклофенак–натрію вкритих оболонкою відповідно до технологічного регламенту.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Економіко – організаційні розрахунки

Метою даного розділу є розрахунок техніко – економічних показників, які є чисельною характеристикою, що показують доцільність створення даного виробництва в умовах ринкової економіки.

Одним з найважливіших показників діяльності виробництва є собівартість продукції, яка комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності виробництва – прибуток і рентабельність.

5.1 Класифікація виробничих процесів підприємства

Розрізняють такі види процесів – основні, допоміжні, побічні.

Таблиця 5.1 – Розподіл процесів на основні, допоміжні і побічні.

Основні	1. Вхідний контроль якості сировини; 2. Вакуумне завантаження; 3. Змішування та зволоження; 4. Гранулювання; 5. Опудрювання; 6. Завантаження сировини та процес табл-ння; 7. Нанесення покриття; 8. Вихідний контроль якості; 9. Пакування.
Допоміжні	1. Закупіля та транспортування сировини; 2. Транспортування продукції на склад; 3. Ремонт устаткування; 4. Проміжний контроль якості.
Побічні	Переробка та утилізація відходів

5.2 Оптимальний вид руху предметів праці

Предмет праці – сировина або матеріали, які підлягають обробці.

Предмети праці входять до складу оборотних засобів. Порядок проходження предметів праці через всі стадії виробничого процесу – називають видом руху предметів праці. Вид руху предметів праці по стадіям виробництва

в значній мірі впливає на діяльність виробничого циклу. Розрізняють такі види руху предметів праці: послідовний; паралельний; змішаний; синхронізований.

Таблиця 5.2 – Операції отримання продукції

№	Операція	Час, хв.
1	Вхідний контроль якості сировини	5
2	Вакуумне завантаження в теплообмінник	5
3	Змішування та зволоження	10
4	Гранулювання	10
5	Завантаження сировини під прес та таблетування	20
6	Опудрювання	10
7	Нанесення покриття	10
8	Вихідний контроль якості	5
9	Пакування	5

Послідовний рух предметів праці – це ВРПП, під час якого обробка сировини проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію. Розрахуємо тривалість виробничого циклу.

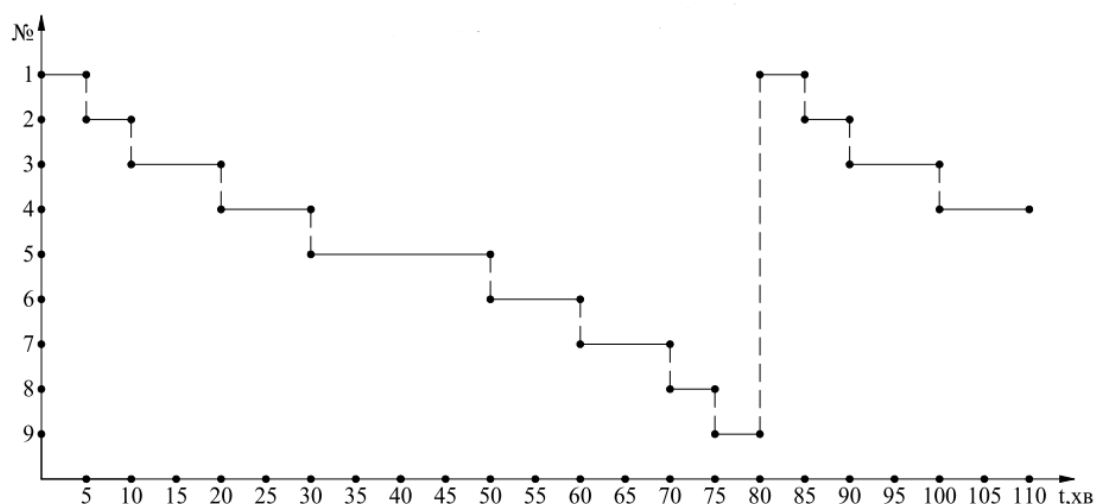


Рисунок 5.1 – Графік послідовного ВРПП

Для послідовного ВРПП тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = n \sum_{i=1}^m t_i \quad (5.1)$$

де n – кількість виробів (в нашому випадку замовлень) за робочий день;
 m – кількість операцій; t_i – тривалість операцій

Кількість партій, які підприємство зможе виконати протягом 8 годинного робочого дня:

$$n(5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5) \leq (8 \cdot 60) \quad (5.2)$$

$$n = T_{\text{вц}}^{\text{посл}} / \sum_{i=1}^m t_i = 6 \text{ партій} \quad (5.3)$$

Отже, фактична тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = 6 * (5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5) = 480 \text{ хв} \quad (5.4)$$

При послідовному ВРПП підприємство за 480 хвилин зможе виробити 6 партій пігулок, одна партія налічує 35 000 пігулок, використовуючи 1 комплект обладнання, який включає в себе 13 апаратів.

Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції (наведений на рисунку 5.2). Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії.

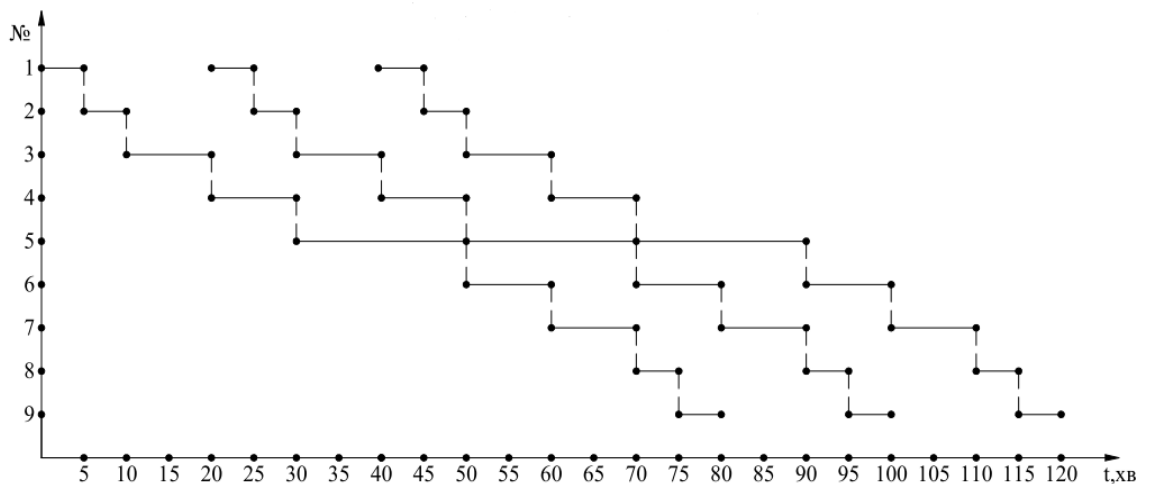


Рисунок 5.2 – Графік паралельного ВРПП

Для паралельного ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n - 1)t_{\text{max}} \quad (5.5)$$

де t_{max} – тривалість найдовшої операції

Кількість замовлень, які підприємство зможе виконати протягом 8 годинного робочого дня.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$(5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5) + (n - 1) \cdot 20 \leq (8 \cdot 60) \quad (5.6)$$

$$n = \left(T_{\text{вц}}^{\text{пар}} - \sum_{i=1}^m t_i \right) / t_{\text{max}} + 1$$

$$= \frac{[480 - (5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5)]}{20} + 1$$

$$= 21 \text{ партій}$$

Звідси, фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5) + (21 - 1) \cdot 20 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при паралельному ВРПП підприємство за 472 хвилини зможе виконати 21 партій, використовуючи 1 комплект обладнання, при чисельності персоналу 9 осіб.

Синхронізований вид руху предметів праці – окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – це проміжок часу між запуском у виробництво 2-ох одиничних виробів на будь-якій операції.

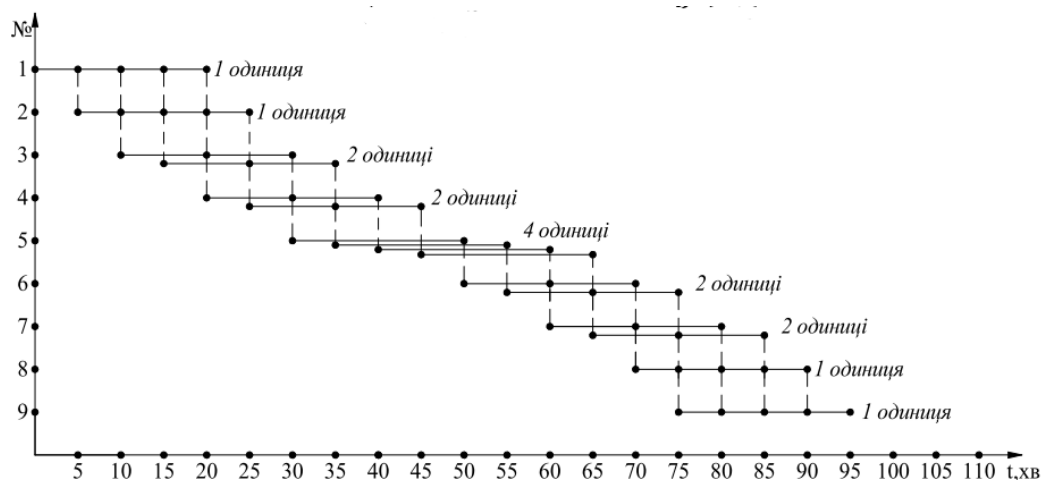


Рисунок 5.3 – Графік синхронізованого ВРПП

Для синхронізованого ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^m t_i + (n - 1)R \quad (5.7)$$

де R – ритм (в даному випадку він рівний тривалості найменшої операції і дорівнює 5 хв)

Кількість замовлень, які підприємство зможе виконати протягом 8 годинного робочого дня.

$$\begin{aligned}
 & (5 + 15 + 5 + 15) + (n - 1) \cdot 5 \leq (8 \cdot 60) \\
 n &= \left(T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} - \sum_{i=1}^m t_i \right) / R + 1 \\
 &= \frac{[480 - (5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5)]}{5} + 1 \\
 &= 81 \text{ партій}
 \end{aligned}$$

Звідси, фактична тривалість виробничого циклу при синхронізованому ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (5 + 5 + 10 + 10 + 20 + 10 + 10 + 5 + 5) + (81 - 1) * 5 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при синхронізованому ВРПП підприємство за 480 хвилин виробити 81 партій. При цьому на першій стадії необхідна 1 од. обладнання, на другій – 1, на третій – 2, на четвертій – 2, на п'ятій – 4, на шостій – 2, на сьомій – 2, на восьмій – 1, на дев'ятій – 1. Кількість обладнання: N=16 шт.

Оптимальний вид руху – паралельний, оскільки хоч і тривалість виробництва більша, у порівнянні із синхронізованим видом руху, проте потрібно вдвічі менше одиниць обладнання, вартість яких тисячі гривень, а також у фармацевтичному виробництві, такому як це, не повинно бути простою обладнання, що може спричинювати зменшення якості продукції, тому використання послідовного та синхронізованого видів руху є некоректним по відношенню до даного підприємства.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розрахунок необхідної кількості співробітників

Організаційна структура повинна повністю забезпечити потреби виробництва в обслуговуванні. Таким чином на підприємстві повинні працювати:

Таблиця 5.3 – Кількість персоналу

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Директор по виробництву	1
	Комерційний директор	1
	Бухгалтер	1
	Інженер	1
	Технолог	1
	Механік	1
Працівники	Начальник виробництва	1
	Начальник лабораторії	1
	Лаборант	2
	Апаратник	7
	Начальник складу	1
	Секретар	1
	Менеджер з логістики	1
	Оператор call-центру	2
Обслуговуючий відділ	Водій	1
	Вантажник	2
	Прибиральниця	2
	Охоронець	3

Для забезпечення роботи підприємства необхідно приміщення загальною площею 1800м², в якому будуть розташовані кабінет директора, бухгалтера та менеджера, виробничий цех оснащений відповідним обладнанням (фільтраційна установка, склад) та складське приміщення, де буде знаходитись товар під замовлення та кабінет завідуючого складом.

Чисельність персоналу явочна дорівнює чисельності за списком і складає 30 осіб. Склад підприємства наведено в таблиці на початку сторінки (Таблиця 5.3).

Підприємство працює 5 днів на тиждень по 8 годин на день. Тому працює лише одна зміна.

Необхідна кількість обладнання наведена у таблиці.

Таблиця 5.4 - Розрахунок необхідної кількості одиниць обладнання

№	Назва обладнання	Кількість одиниць
1	Збірник	2
2	Теплообмінник з сорочкою	2
3	Реактор	3
4	Апарат для формування пігулок	1
5	Сушарка	1
6	Циклон	1
7	Мірник	1
8	Коутер	1
9	Апарат для контролю якості	1

5.4 Контроль виробничого процесу

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції, що випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль – це перевірка якості продукції перед запуском у виробництво. Суб'єктами є лаборанти. Вхідний контроль включає проби сировини, що надходить у виробництво. Аналіз сировини проводять лабораторно (хімічний склад). Результати досліджень записуються лаборантами до спеціального журналу вхідного контролю.

Під час поточного контролю на підприємстві здійснюється перевірка виконання технологічних операцій. Крім того контролюють як працює обладнання і чи немає ніяких порушень виробництва. Об'єктами є технологічний процес і обладнання, персонал і напівфабрикат. Суб'єктами є

оператор обладнання, технолог, механік, лаборанти. Апарати встановлюють згідно з правилами монтажу, електроустаткування, вимогам безпеки праці та пожежної безпеки. Кожен апарат повинен мати свою електричну проводку, захисні та заземлюючі прилади, електричні контакти повинні бути щільно приєднані проти регулювання та безпеки закриті кожухами. Результати контролю заносяться до журналу поточного контролю.

При вихідному контролі здійснюється оцінка якості готової продукції. Основна мета контролю є виявлення браку. Суб'єктами є інженер та лаборанти. Аналіз готового продукту проводять лабораторно і геометрично. Результати досліджень записуються лаборантом до журналу вихідного контролю, на підставі якого інженером, а потім начальником цеху заповнюється паспорт якості на продукцію, який передається на підпис безпосередньо директору підприємства.

За технічним рівнем всі види контролю є ручними, тільки при перевірці обладнання і технологічного процесу використовують автоматизований вид.

5.5 Розрахунок техніко – економічних показників

Таблиця 5.5 – Розрахункова вартість сировини для виробництва

Сировина	Кількість на 1 т	Ціна	Вартість, грн. на 1 т готової продукції
Диклофенак-натрію	238 кг	437 грн/кг	104 000 грн
Целюлоза мікрокристалічна	64 кг	750 грн/кг	48 000 грн
Лактоза моногідрат	290 кг	71 грн/кг	20 800 грн
Фарбник	0,126 кг	16 грн/кг	2 грн
Інші речовини	0,876 кг	1,15 грн/кг	1 грн
Крохмаль картопляний	337 кг	35,6 грн/кг	12 000 грн
Вода	70 кг	2,6 грн/м ³	180 грн
Сума	184 983 грн		

Річні затрати на сировину та матеріали: 4 259 477 грн/рік.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Витрати на електроенергію.

Розрахуємо витрати на електроенергію за нерегульованим тарифом. Ціна 1 кВт = 2,6 грн – в денний час.

Потужність обладнання $N = 200$ кВт/год. Оскільки потужність більше за 30 кВт/год, тому маємо перший клас напруги.

Підприємство працює 8 годин на добу 250 днів на рік.

$$Z_{\text{ел.енергія}} = 8 \cdot 250 \cdot 200 \cdot 2,6 = 1\,040\,000 \text{ грн/рік}$$

Витрати на опалення цеху. Загальна площа становить 1800 м^2 на опалення: 31,55 грн/м². Сезон опалення: 6 місяців.

$$Z_{\text{опал.}} = 1800 \cdot 31,55 \cdot 6 = 340\,740 \text{ грн/рік}$$

Сумарні затрати на енергію: $1\,040\,000 + 340\,740 = 1\,380\,740$ грн/рік.

2. Заробітна плата:

Таблиця 5.6 – Фонд заробітної плати

Посада	Кількість	ЗП за місяць
Директор по виробництву	1	50 000
Комерційний директор	1	30 000
Бухгалтер	1	18 000
Інженер	1	16 000
Технолог	1	16 000
Механік	1	10 000
Начальник цеху	1	15 000
Начальник лабораторії	1	15 000
Лаборант	2	$10\,000 \cdot 2 = 20\,000$
Апаратник	7	$10\,500 \cdot 7 = 73\,500$
Начальник складу	1	12 000
Секретар	1	8 000
Менеджер з логістики	1	10 000
Оператор call-центру	2	$8\,000 \cdot 2 = 16\,000$
Водій	1	7 000
Вантажник	2	$6\,000 \cdot 2 = 12\,000$
Прибиральниця	2	$5\,000 \cdot 2 = 10\,000$
Охоронець	3	$6\,000 \cdot 3 = 18\,000$
Сума		356 500 грн

Заробітна плата за рік: $356\,500 \cdot 12 = 4\,278\,000$ грн/рік.

ФОП з нарахуваннями: $4\,278\,000 \cdot 1,22 = 5\,219\,160$ грн/рік.

Вартість основних фондів:

- Вартість споруд і будівель 1 200 000грн
 - Вартість обладнання 2 458 200 грн
 - Нематеріальні активи (ліцензія на 5 років) 25 000 грн
- Сума 3 683 200 грн**

Амортизація:

ОФ = 3 683 200 грн. Час експлуатації ОФ – 10 років.

$$A = \frac{ОФ}{T_{експ}} = \frac{3\,683\,200}{10} = 368\,320 \text{ грн/рік}$$

Норма амортизації:

$$H_A = \frac{1}{T_{експ}} = \left(\frac{1}{10}\right) \cdot 100\% = 10\%$$

Калькуляція – це документ, який розраховує і затверджує собівартість одиниці продукції.

Таблиця 5.7– Калькуляція на вид продукції

№	Елементи	Вартість, грн/рік
1	Сировина та матеріали	4 259 477
2	Витрати на енергію	1 380 740
3	Запасні частини	500 000
4	ФОП	5 219 160
5	Амортизація	368 320
Сума		11 727 697 грн/рік

Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень.

1. Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{партії}} = \frac{C}{N_{\text{прод}}} = \frac{11\,727\,697}{5\,250} = 2\,233,85 \text{ грн/партія}$$

Випуск продукції за рік:

$$N_{\text{прод}} = n \cdot D_{\text{роб}} = 21 \cdot 250 = 5\,250 \text{ партій}$$

2. Прибуток.

Запланована ринкова ціна 3 574 грн/партія. Одна партія налічує 3 500 блістерів. За добу підприємство виготовляє 21 партію.

Ціна продукту за рік:

$$\text{Ц} = 3\,574 \cdot 5\,250 = 18\,764\,340 \text{ грн/рік}$$

Визначимо річний прибуток підприємства:

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{С} = 18\,764\,340 - 11\,727\,697 = 7\,036\,643 \text{ грн/рік}$$

3. Рентабельність:

$$P = \frac{\text{П}}{\text{С}} = \frac{7\,036\,643}{11\,727\,697} \cdot 100\% = 60\%$$

4. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\text{П}}{\text{К}} = \frac{7\,036\,643}{15\,042\,577} = 0,4679$$

$$\text{К} = \text{ОФ} + \text{ОБЗ}$$

$$\begin{aligned} &= 3\,683\,200 + 4\,259\,477 + 1\,380\,740 + 500\,000 + 5\,219\,160 \\ &= 15\,042\,577 \text{ грн} \end{aligned}$$

5. Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,4679} = 2,14 \text{ роки}$$

6. Фондовіддача основних засобів виробництва:

$$\text{ФВ} = \frac{\text{Ц}}{\text{ОФ}} = \frac{18\,764\,340}{3\,683\,200} = 5,094$$

7. Фондоємність:

$$\text{ФЄ} = \frac{1}{\text{ФВ}} = \frac{1}{5,094} = 0,196$$

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8 – Основні техніко - економічні показники

Основні показники	Розрахунок	Розмірність
Випуск продукції	5 250	партій/рік
Чисельність персоналу з них:	30	осіб
• керівництво	6	
• працівники	16	
• обслуговуючий	8	
Капіталовкладення	15 042 577	грн
Собівартість	11 727 697	грн/рік
Ціна	18 764 340	грн/рік
Прибуток	7 036 643	грн/рік
Рентабельність	60	%
Економічна ефективність	0,4679	
Період повернення капіталовкладень	2,14	Роки
Фондовіддача	5,094	
Фондоємність	0,196	

Під час виконання даного дипломного проекту був розроблений програмний модуль, який має на меті розрахунок та моделювання процесу змішування без втручання людини. Та проведена автоматизація виробництва, що має на меті керування процесом без втручання людини. Отже, при застосуванні вище перерахованих комплексів, можна скоротити кількість персоналу на виробництві, що, в свою чергу, відобразиться на техніко-економічних показниках. Розрахуємо техніко – економічні показники виробництва при використанні програмного модуля та контурів автоматизації на виробництві.

Кількість працівників, що працюватимуть на автоматизованому підприємстві приведені в таблиці.

Таблиця 5.9 – Персонал виробництва на автоматизованому виробництві

Відділ	Посада	Кількість	ЗП за місяць
Керівництво	Директор по виробництву	1	50 000
	Комерційний директор	1	30 000
	Бухгалтер	1	18 000
	Інженер	1	16 000
	Технолог	1	16 000
	Механік	1	10 000
	Головний відділу автоматизації	1	16 000
Працівники	Начальник цеху	1	15 000
	Начальник лабораторії	1	15 000
	Програміст	1	25 000
	Оператор ЦПГ	1	15 000
	Лаборант	1	10 000
	Апаратник	2	$10\,500 \cdot 2 = 21\,000$
	Начальник складу	1	12 000
	Секретар	1	8 000
	Менеджер з логістики	1	10 000
	Оператор call-центру	2	$8\,000 \cdot 2 = 16\,000$
Обслуговуючий Відділ	Водій	1	7 000
	Вантажник	2	$6\,000 \cdot 2 = 12\,000$
	Прибиральниця	2	$5\,000 \cdot 2 = 10\,000$
	Охоронець	3	$6\,000 \cdot 3 = 18\,000$
Сума	350 000 грн		

Чисельність персоналу явочна дорівнює чисельності за списком і складає 27 осіб. Склад підприємства наведено в таблиці на початку сторінки (Табл.5.7.3).

Підприємство працює 5 днів на тиждень по 8 годин на день. Тому працює лише одна зміна.

Заробітна плата за рік: $350\,000 \cdot 12 = 4\,200\,000$ грн/рік.

ФОП з нарахуваннями: $4\,200\,000 \cdot 1,22 = 5\,124\,160$ грн/рік.

У випадку використання програмного комплексу, його вартість необхідно включити в склад основних фондів.

Розрахуємо вартість програми. Вартість роботи програміста складає 333 грн за годину роботи. На написання програмного модуля було витрачено 6 днів по 8 годин роботи кожного дня.

Отже, зарплата програміста складатиме $Z_{\text{пр}} = 25\,000$. Написання програмного модуля включає в себе витрати на світло. За годину роботи комп'ютер споживає 90,06 Вт. При розрахунку на 6 днів по 8 годин роботи отримуємо – 4 322,88 Вт або 4,32288 кВт. Вартість електроенергії становить 2,6 грн/кВт. Отже, додаткові витрати на електроенергію складають:

$$4\,322,88 \cdot 2,6 = 11\,240 \text{ грн}$$

Річні витрати на електроенергію:

$$Z_{\text{енергія}} = 1\,040\,000 + 11\,240 + 340\,740 = 1\,391\,980 \text{ грн/рік}$$

До розрахованої раніше вартості основних фондів додаємо вартість програми та комп'ютерів і отримаємо:

• Вартість споруд і будівель	1 200 000 грн
• Вартість обладнання	2 458 200 грн
• Нематеріальні активи (ліцензія)	50 000 грн
• Вартість програми	36 240 грн
• Вартість комп'ютерів	70 000 грн
Сума	3 814 440 грн

Перерахуємо амортизацію. До розрахункової раніше амортизації додаємо вартість програми та комп'ютерів:

ОФ = 3 814 440 грн. Час експлуатації ОФ – 10 років.

$$A = \frac{\text{ОФ}}{T_{\text{експ}}} = \frac{3\,814\,440}{10} = 381\,444 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 5.10 – Калькуляція на вид продукції

№	Елементи	Вартість, грн/рік
1	Сировина та матеріали	4 259 477
2	Витрати на енергію	1 391 980
3	Запасні частини	500 000
4	ФОП	5 124 160
5	Амортизація	381 444
Сума		11 657 061 грн/рік

1. Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{партії}} = \frac{C}{N_{\text{прод}}} = \frac{11\,657\,061}{5\,250} = 2\,220,4 \text{ грн/партія}$$

2. Прибуток.

Запланована ринкова ціна 3 574 грн/партія. Одна партія налічує 3 500 блістерів. За добу підприємство виготовляє 21 партію.

Ціна продукту за рік:

$$\text{Ц} = 3\,574 \cdot 5\,250 = 18\,764\,340 \text{ грн/рік}$$

Визначимо річний прибуток підприємства:

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{С} = 18\,764\,340 - 11\,657\,061 = 7\,107\,279 \text{ грн/рік}$$

3. Рентабельність:

$$\text{Р} = \frac{\text{П}}{\text{С}} = \frac{7\,107\,279}{11\,657\,061} \cdot 100\% = 60,97\%$$

4. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$\text{Е} = \frac{\text{П}}{\text{К}} = \frac{7\,107\,279}{15\,090\,057} = 0,47$$

$$\text{К} = \text{ОФ} + \text{ОБЗ}$$

$$\begin{aligned} &= 3\,814\,440 + 4\,259\,477 + 1\,391\,980 + 500\,000 \\ &+ 5\,124\,160 = 15\,090\,057 \text{ грн} \end{aligned}$$

5. Період повернення капіталовкладень:

$$\text{T}_{\text{пов}} = \frac{1}{\text{Е}} = \frac{1}{0,47} = 2,12 \text{ роки}$$

6. Фондовіддача основних засобів виробництва:

$$\text{ФВ} = \frac{\text{Ц}}{\text{ОФ}} = \frac{18\,764\,340}{3\,814\,440} = 4,9$$

7. Фондоємність:

$$\text{ФЄ} = \frac{1}{\text{ФВ}} = \frac{1}{4,9} = 0,2$$

Порівняння техніко – економічних показників звичайного виробництва та автоматизованого виробництва з використанням програмного модуля наведено нижче в таблиці.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.11 – Порівняння техніко-економічних показників

Основні показники	Розрахунок	Розрахунок автоматизації	Розмірність
Випуск продукції	5 250	5 250	партій/рік
Чисельність персоналу з них:	30	27	осіб
• керівництво	6	7	
• працівники	16	12	
• обслуговуючий	8	8	
Капіталовкладення	15 042 577	15 090 057	грн
Собівартість	11 727 697	11 657 061	грн/рік
Ціна	18 764 340	18 764 340	грн/рік
Прибуток	7 036 643	7 107 279	грн/рік
Рентабельність	60	60,97	%
Економічна ефективність	0,4679	0,47	
Період повернення капіталовкладень	2,14	2,12	роки
Фондовіддача	5,094	4,9	
Фондоємність	0,196	0,2	

Як видно з вище приведених розрахунків, автоматизоване виробництво, що керується отриманими розрахунками за допомогою програмного модуля, є значно ефективнішим. Період повернення капіталовкладень в такого виробництва скорочується з 2,14 років до 2,12. Собівартість продукції зменшилася з 11 727 697 до 11 657 061, а прибуток збільшився (з 7 036 643 грн/рік до 7 107 279 грн/рік). Як ми бачимо економічні показники підприємства зростають.

Отже, можна зробити висновок, що автоматизоване виробництво, яке керується розрахунками, отриманими за допомогою програмного модуля, є більш економічно вигідним, порівняно зі звичайним виробництвом.

6 Охорона праці

Технологічний об'єкт, що розглядається – це процес покриття таблеток оболонкою, яке не містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечних речовин. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці, пожежної і екологічної безпеки виробництва.

На підставі аналізу в даному розділі описані всі можливі небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які були виявленні на даному виробництві, розроблені різні заходи, які направлені на створення та забезпечення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, які виконуються в цеху за важкістю відносяться до категорії Іб. Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні наведені нижче (Табл.6.1.1).

Таблиця 6.1– Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

	Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Оптимальні	Холодний	Іб	21...23	60... 40	0,1
	Теплий		22... 24	60... 40	0,2
Допустимі	Холодний	Іб	24...17	75	не більше 0,2
	Теплий		28...19	60	0,3 – 0,1

З метою забезпечення нормативних рівнів параметрів мікроклімату і чистоти робочої зони передбачені наступні засоби та заходи: механізація і

автоматизація тяжких і праце – містких робіт; дистанційне управління процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів і т.п.; наявність теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації й інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло [22].

Проектом передбачено використання вентиляції для нормалізації мікрокліматичних параметрів. Передбачено використання видів вентиляції:

1. За способом організації повітрообміну: комбінована (загальнообмінна, місцева);
2. Залежно від способі переміщення повітря: змішана (природна, механічна);
3. За призначенням: припливно – витяжна.

Система вентиляції представляє собою сукупність спеціальних об'єктів жалюзі, спеціальні провітрювані вікна або отвори, що відчиняються за певною схемою і утворюють природну організовану вентиляцію приміщення.

Механічна вентиляція є загальнообмінною припливно – витяжною, що комбінується з місцевою витяжною.

Контроль температури в лабораторії проводиться за допомогою спиртового термометра, відносна вологість вимірюється за допомогою гігрометра. Вимірювання параметрів мікроклімату здійснюється 1 раз протягом робочого дня .

При підготовці контрольованих виробничих приміщень прибиранню підлягають: стеля, стіни, скляні поверхні вікон, дверей (особливо нижні поверхні), інші поверхні (підставки, стелажі), трубопроводи, освітлювальні прилади, опалювальні прилади і простору за ними, підлогу.

У контрольованих приміщеннях після закінчення кожного виду прибирання, а також перед початком виробничого процесу з метою додаткового знезараження виробничих приміщень включають бактерицидні лампи на 30 хвилин. Короткі санітарні характеристики виробництва пігулок вкритих оболонкою, наведені на наступній сторінці (Табл.6.6.1).

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика проектового виробництва

Реактор	Дезінфекція приміщення	Дезінфекція приміщення	Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки
$C_{16}H_{34}O$ Випаровування з поверхні реактора	NH_4Cl (1%) Випаровування з очищеної поверхні	H_2O_2 (3%) Випаровування з очищеної поверхні	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення
Подразнюючі, можуть викликати дерматити та алергії.	Попадання на шкіру призводить до подразнення.	Попадання на шкіру призводить до сильних опіків, випари призводять до нудоти, запаморочення.	Група шкідливої речовини. Характеристика шкідливого впливу
2	2	2	Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг
2	2	2	Клас небезпечності шкідливої речовини
Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, тісно прилягаючі захисні окуляри	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений стійкий одяг	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений хімічно стійкий одяг	Засоби індивідуального захисту
При потрапленні на шкіру – промити великою кількістю проточної води	Промити великою кількістю води,	Промити великою кількістю води,	Засоби долікарської допомоги
ХЖ-130 хроматограф рідинний	ХГА «АГАТ»	ХГА «АГАТ»	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
IV	IV	IV	Клас виробництва згідно СН-245-71
3б	3а	3а	Санітарна група технологічного процесу згідно СНиП 2.09.04-87

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного, суміщеного та локалізованого освітлення.

Природне освітлення являє собою комбіновану систему поєднання верхнього й бокового освітлення. Штучне освітлення представлене системою, в якій світильники розміщують у верхній зоні приміщення [19]. У таблиці наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.3 – Норми штучного освітлення коефіцієнта природної освітленості КПО виробничих приміщень

Робоче місце	Характеристика здоров'я роботи	Розряд та під розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
			Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Комбіноване	Загальне	Верхнє	Бокове	Верхнє	Бокове
ПУ компресора	Малої точності	IV г	–	200	4	1,5	2,4	0,9

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоче, аварійне, евакуаційне, ремонтне, охоронне. Для виконання ремонтних робіт проектом передбачені переносні електричні світильники. При відключенні робочого освітлення передбачається система аварійного освітлення.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 30 м², ширина А якої складає 6м, довжина В – 5м, висота – 3м. Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості

світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою :

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta} \quad (6.1)$$

де F – світловий потік, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 300$ Лк

S – площа освітлюваного приміщення;

$K = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Обчислюємо індекс приміщення:

$$I = \frac{S}{h_p(A+B)} = \frac{30}{1 \cdot (6+5)} = 2,727 \quad (6.2)$$

де h_p – розрахункова висота підвісу.

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення $\eta = 0,5$. Підставимо всі значення світлового потоку:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{0,5} = 29\,700 \text{ Лм}$$

Для освітлення приміщення в якості джерела світла виберемо люмінесцентні лампи білого кольору ЛБ – 40, які вмонтовані в світильники типу ПВЛ – 6 з напругою 220 В. Вибір даного світильника обґрунтований тим, що він є пиловологонепроникний. Світловий потік цих світильників дорівнює 3 120 Лм.

Розрахуємо необхідну кількість ламп у вибраних світильниках, за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{29\,700}{3\,120} = 9$$

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 4 світильники із 2 працюючими лампами в них.

6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій

Джерелами вібрацій на виробництві, що проектується, є наступне устаткування: електродвигуни, реактори, теплообмінник, апарат для формування пігулок. Джерелами шумів на виробництві є коутер, циклон та сушарка.

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99, у виробничих приміщеннях прийнята, норма рівня звуку становить 60 дБА. Допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1 – го ступеня шкідливості – до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості - до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2 – го ступеня шкідливості по вібрації. Фактичний рівень шуму становить 55 дБА, що відповідає нормі [20].

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звуко – поглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над устаткуванням, які спричиняють шум. Щоб знизити рівень вібрації під вібруюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин .

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму передбачено м'які протишумові беруші. Для захисту рук від дії вібрацій застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками.

Для захисту від вібрацій що передаються через ноги передбачено взуття товстою гумовою підошвою. Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірювач марки ВШВ-003 [21].

6.1.4 Електробезпека

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму із частотою 50 Гц гранично припустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$; при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}$.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняємо розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220 \cdot 10^3}{4\,000 + 4} = 0,5 \text{ А}$$

де $R_{\text{л}} = 2 \dots 4 \text{ кОм}$, опір тіла людини;

$R_0 = 4 \text{ Ом}$, опір нейтралі заземлення;

$U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, фазова напруга.

Напруга дотику розраховується за формулою:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^3 = 0,05 \cdot 4\,000 = 220 \text{ В}.$$

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні заходи й засоби: занулення, захисне відключення, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, знаки безпеки, огорожувальні пристрої, блокування, попереджувальна сигналізація, попереджувальні плакати. Також використовується подвійна ізоляція.

У виробничих приміщеннях передбачена періодична перевірка вибраних типів проводів, освітлювальної арматури, пускачів електродвигунів та іншого електроустаткування.

Для забезпечення індивідуального захисту використовують діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огороження, захисні окуляри. Для запобігання прямих ударів блискавки споруди захищені стрижньовими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило – та вологонепроникне виконання [20].

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Аварійна ситуація може виникнути при відмові або пошкодженні засобів автоматизації, обладнання. Для виключення можливості виникнення аварійної ситуації за рахунок відмови системи автоматизації проектом передбачено

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлення дублюючих пристроїв контролю та сигналізації на особливо небезпечних ділянках.

Заходи безпеки, що передбачені проектом до технологічних процесів:

- Усунути безпосередній контакт працюючих з вихідними матеріалами.
- Для подачі забрудненої води до апаратів використовуються засоби автоматизації і дистанційне керування процесом;
- Застосування систем контролю і керування технологічним процесом у цеху, які забезпечують захист працюючих і аварійне відключення виробничого обладнання;
 - Своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що досягнуто за допомогою пристроїв, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного обладнання, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки.

6.2 Пожежна безпека

Джерела запалювання – електричні іскри, дуги, що виникають при пробії ізоляції і при нагромадженні заряду статичної електрики, перегріті ділянки елементів і конструкцій промислові електричні нагрівачі. Джерела запалювання можуть виникати в електричних приладах, у системах кондиціонування повітря й електропостачання [21].

У таблиці нижче наведені показники пожежо – і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо – і вибухонебезпечністю. При проектуванні цеху передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачені протипожежні розриви 10 м, протипожежний водопровід, пожежні крани, ємності з піском і пожежні щити, вогнегасники типу ВВ, ВХП; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливу [22].

Для підігрівачів передбачено застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Всі електроустановки оснащені плавкими запобіжниками від струмів короткого замикання.

Встановлюється охоронно – пожежна сигналізація автоматичного типу. Для захисту електроустаткування від загоряння використовують регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами [23].

Для запобігання прямих ударів блискавки споруди захищені стрижньовими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило – та вологонепроникне виконання .

Протипожежні розриви між будівлями складають 10м.

Для уникнення іскор удару чи тертя рухомі частини обладнання своєчасно змащуються. Для гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити.

У розділі охорона праці проведений аналіз всіх можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розглянуто процес виробництва гранульованого матеріалу та вирішено наступні завдання:

1. Проаналізовано процесу виробництва гранульованого матеріалу, визначено регульовані величини та параметри керування.
2. Виконано комп'ютерний розрахунок матеріального балансу технологічної схеми виробництва гранульованого матеріалу із застосуванням програми – симулятора ChemCad.
3. За заданими часовими характеристиками визначено оптимальні налаштування регулятора та обґрунтовано вибір типу регулятора.
4. Розглянуто структуру та принципи побудови обчислюваного модулю для розрахунку оптимальних налаштувань регулятора. Програмний модуль розроблений в середовищі C# .Net Framework.
5. Розроблена схема автоматизації процес виробництва гранульованого матеріалу та підібрані необхідні технічні засоби автоматизації.
6. Виконано розрахунок техніко – економічних показників виробничого процесу виробництва гранульованого матеріалу.
7. Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, а також визначено основні заходи безпеки під час процесу очищення виробництва гранульованого матеріалу.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фармацевтична енциклопедія / Голова ред. Ради та автор передмови В. П. Черних. – 2-ге вид., переробл. і допов. – К.: МОРИОН, 2010. – 1632 с.
2. Компендиум 2013 – лекарственные препараты; под ред. В. Н. Коваленко, А.П. Викторова. – К.: МОРИОН, 2013 – 1458 с.
3. Технология и стандартизация лекарств. Т. 2: сб. науч. тр. / ГНЦЛС; под ред. В. П. Георгиевского. – Х.: Изд-во ИГ «РИГЕГ», 2000. – 783 с.
4. Бюлер Ф. Поливинилпирролидон для фармацевтической промышленности. 2001. – 46 с.
5. Специальное технологическое оборудование химико-фармацевтической промышленности / Каталог ЦБНТИ Медпром. – Центральное бюро научно-технической информации, 1974. – 290 с.
6. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учебное пособие для вузов / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
7. Лапшенков, Г.И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности: учебное пособие / Г.И. Лапшенков, Л.М. Полоцкий. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Химия, 1988. – 287 с.
8. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо – кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом підготовки 0925 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / Г.О. Статюха та ін.; НТУУ «КПІ» – К.: ТВЦ “Політехніка”, 2007. – 55 с.
9. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по заводской технологии предназначено для специальности 33.02.01 Фармация (очная форма обучения) , составлено в соответствии с ФГОС СПО 2015г. по специальности 33.02.01 Фармация и СТО СМК 7.3.01 – 14 стр.
10. Шибецький В. Ю., Поводзинський В. М. Розробка конструкції таблетовочної машини для виробництва тритураційних таблеток // Технологический аудит и резервы производства — № 3/4(17), 2014.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Вычислительная математика в химии и химической технологии/С.В.Броневицкая, Р.Б.Медведев, Ю.Я.Фиалков. – К.: Вища шк. Головное изд-во 1986. – 216с.
12. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.
- 13.Ткачук К. Н. Основы охраны труда: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов; за ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа. 2006 – 448 с.
- 14.Бойко, Т. В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст] / Т. В. Бойко В. І. Бендюг, І. О. Потяженко – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 128с.
15. Полоцкий Л. М., Лапшенков Г.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. - М. : Химия, 1982.
- 16.Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1972.
17. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. Учебник для вузов. — 1-е изд., перераб и доп. — М.: Издательство МЭИ,2004. — 400 с.
- 18.Економіка підприємства: навч. посібник / за заг. ред. В.Г.Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
19. Безпека життєдіяльності. Методичні вказівки до виконання практ., інд. Робіт та ДКР. К.: КПІ. – 2007. – 120 с
- 20.Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСан ПіН 3.3.2.007-98). – К., 1998.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

21. Основи охорони праці. Підручник, 2–е видання, доповнене та перероблене./ За ред. К. Н. Ткачука – К.: Основа. 2011. – 480 с.
22. Метрологическое обеспечение безопасности труда. В 2 т. /Под ред. И. Х Сологяна. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 256 с.
23. Вредные химические вещества.: Справ, изд. / А. Л. Бандман. Под ред. В. А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989. – 595 с.
24. Фармацевтична компанія [Електронний ресурс] – 2004. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.glatt.com/ru/napravlenija-dejatelnosti/process-technology-pharma/>.
25. Фармацевтична компанія [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gea-ps.com>.
26. Фармацевтична компанія [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.erweka.com>.

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Програмний код обчислювального модуля оптимальних налаштувань регулятора

```

using PharmProduction.Scripts.MathModule;
using PharmProduction.Scripts.MathModule.Regulators;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Globalization;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace PharmProduction
{
    public partial class MainWindow : Form
    {
        private enum GraphicShowStyle
        {
            APR,
            APR_Regulator,
            APR_Regulator_built
        }

        private PlotGraphic _graphic;

        float[] _amplifyCoefficients;
        float[] _timeValues;
        RegulatorCalculator.RegulatorType _chosenRegulatorType;

        PointF[] _APRPoints;
        PointF[] _regulatorObjPoints;
        PointF[] _circlePoints;

        private bool _calculated = false;

        public MainWindow()
        {
            InitializeComponent();

            _graphic = new PlotGraphic(new PointF(25, 75), new PointF(300, 300), this, 40);

            RegulatorTypeComboBox.SelectedIndex = 0;
            graphicStyleComboBox.SelectedIndex = 0;

            this.Paint += MainWindow_Paint;
        }

        private PointF[] GetCirclePoints()

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

```

{
    PointF[] result;

    List<float> x = new List<float>();
    float min = Globals.CIRCLE_MIN_X, max = Globals.CIRCLE_MAX_X, step = 0.01f;
    float value = min;
    while(value <= max)
    {
        x.Add(value);
        value += step;
    }

    float[] y = new float[x.Count];

    for (int i = 0; i < y.Length; i++)
    {
        y[i] = (float)Math.Sqrt(1 - Math.Pow((x[i] + (Globals.CIRCLE_CENTER_X * (-1))), 2));
    }

    float[] tempY = new float[y.Length * 2];
    for (int i = 0; i < tempY.Length; i++)
    {
        tempY[i] = i < y.Length ? y[i] : y[i - y.Length] * -1;
    }

    y = tempY;

    result = new PointF[y.Length];
    for (int i = 0; i < result.Length; i++)
    {
        result[i] = new PointF(i < x.Count ? x[i] : x[x.Count - (i - x.Count) - 1], y[i]);
    }

    return result;
}

private float[] GetFrequencyArray()
{
    List<float> freqList = new List<float>();
    float min = Globals.FREQUENCY_MIN, max = Globals.FREQUENCY_MAX, step =
Globals.FREQUENCY_STEP;
    float value = min;
    while (value <= max)
    {
        value += step;
        freqList.Add(value);
    }
    return freqList.ToArray();
}

private PointF[] GetPointsInRange(PointF[] source, PointF boundMin, PointF boundMax, bool inclusive
= false)
{
    if (source == null || source.Length == 0)
        throw new ArgumentException("Expecting an array of points.");
    if (boundMin.X >= boundMax.X || boundMin.Y >= boundMax.Y)
        throw new ArgumentException("Min bound must be less than max bound.");
}

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78


```

List<PointF> result = new List<PointF>();

for (int i = 0; i < source.Length; i++)
{
    if(inclusive)
    {
        if (source[i].X >= boundMin.X && source[i].X <= boundMax.X
            && source[i].Y >= boundMin.Y && source[i].Y <= boundMax.Y)
            result.Add(source[i]);
    }
    else
    {
        if (source[i].X > boundMin.X && source[i].X < boundMax.X
            && source[i].Y > boundMin.Y && source[i].Y < boundMax.Y)
            result.Add(source[i]);
    }
}

return result.ToArray();
}
private enum CheckSingleTouchPointResult
{
    MultipleTouches,
    SingleTouch,
    NoTouches
}

/// <summary>
///
/// </summary>
/// <param name="circleHalfPlot">четвертая четверть окружности</param>
/// <param name="regulatorPoints">график АФХ с регулятором</param>
/// <param name="precision">точность расстояния между точками</param>
/// <returns>MultipleTouches нужно уменьшить Кр, SingleTouch всё хорошо, NoTouches нужно
увеличить Кр</returns>
private CheckSingleTouchPointResult CheckPlotsTouches(PointF[] circleHalfPlot, PointF[]
regulatorPoints, float precision)
{
    if (circleHalfPlot == null || circleHalfPlot.Length == 0)
        throw new ArgumentException("Invalid circle quarter plot points.");
    if (regulatorPoints == null || regulatorPoints.Length == 0)
        throw new ArgumentException("Invalid regulator plot points array.");
    //минимальный x при нуле графика регулятора (ближе всего к y = 0)
    PointF minXRegulatorOrdinate = GetMinRegulatorOrdinate(regulatorPoints);
    if (minXRegulatorOrdinate.X >= 0)
        throw new ArgumentException("Regulator plot points array must have negative X points.");
    //если он(х) меньше максимального x окружности то мы уменьшаем Кр
    PointF maxCirclePoint = GetMaxCircleOrdinate(circleHalfPlot);
    if (GetDistanceBetweenPoints(minXRegulatorOrdinate, new PointF(Globals.CIRCLE_CENTER_X,
0)) < Globals.CIRCLE_RADIUS + precision)
        return CheckSingleTouchPointResult.MultipleTouches;
    //если он(х) в диапазоне от 0 до максимального x окружности то всё ок, считаем
    //находим все точки, расстояния между которыми меньше precision
    List<PointF> touches = new List<PointF>();
    for (int i = 0; i < regulatorPoints.Length; i++)

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

```

    {
        bool shouldRememberThisPoint = false;
        if (regulatorPoints[i].X <= (maxCirclePoint.X + precision))
            shouldRememberThisPoint = CheckIfPointIsCloseToPlot(regulatorPoints[i], circleHalfPlot,
precision);
        if (shouldRememberThisPoint)
            touches.Add(regulatorPoints[i]);
    }

    //если таких точек нет, то увеличение Кр
    if (touches.Count == 0)
        return CheckSingleTouchPointResult.NoTouches;
    else
    {
        //если точки есть, то считаем количество групп точек (то есть количество точек пересечения)
        int realTouchesCount = 1;
        for (int i = 0; i < touches.Count - 1; i++)
        {
            float distance = GetDistanceBetweenPoints(touches[i], touches[i + 1]);
            if (distance > precision)
                realTouchesCount++;
        }
        //если групп больше одной, то уменьшаем Кр
        if (realTouchesCount > 1)
            return CheckSingleTouchPointResult.MultipleTouches;
        //если группа одна, то у нас одна касательная
        else //realTouchesCount == 1
            return CheckSingleTouchPointResult.SingleTouch;
    }
}

private bool CheckIfPointIsCloseToPlot(PointF checkedPoint, PointF[] plot, float precision)
{
    float currentMinDistance = GetDistanceBetweenPoints(checkedPoint, plot[0]);

    for (int i = 1; i < plot.Length; i++)
    {
        float newDistance = GetDistanceBetweenPoints(checkedPoint, plot[i]);
        if (newDistance < currentMinDistance)
            currentMinDistance = newDistance;
    }

    return currentMinDistance <= precision;
}

private float GetDistanceBetweenPoints(PointF first, PointF second)
{
    return (float)Math.Sqrt(Math.Pow(first.X - second.X, 2) + Math.Pow(first.Y - second.Y, 2));
}

private PointF GetMinRegulatorOrdinate(PointF[] regulatorPoints)
{
    PointF minRegulatorOrdinate = regulatorPoints[0];
    for (int i = 1; i < regulatorPoints.Length; i++)
    {
        float regulatorPointYDistance = Math.Abs(regulatorPoints[i].Y);
        float current = Math.Abs(minRegulatorOrdinate.Y);
    }
}

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        if (regulatorPointYDistance < current &&
            regulatorPoints[i].X < minRegulatorOrdinate.X) //эта точка ближе к нулю чем текущая
            minRegulatorOrdinate = regulatorPoints[i];

        if (regulatorPoints[i].Y < Globals.CIRCLE_RADIUS * (-1)) //ниже этой точки график уже не
вернётся к Y = 0 (ОНА НЕ БУДЕТ ТАК ЗАКРУЧИВАТЬСЯ!!11) (с) Настя
            break;
    }
    return minRegulatorOrdinate;
}

private PointF GetMaxCircleOrdinate(PointF[] circlePoints)
{
    PointF maxCircleOrdinate = circlePoints[0];

    for (int i = 1; i < circlePoints.Length; i++)
    {
        float pointYDistance = Math.Abs(circlePoints[i].Y);
        float current = Math.Abs(maxCircleOrdinate.Y);
        if (pointYDistance < current)
            maxCircleOrdinate = circlePoints[i];
    }

    return maxCircleOrdinate;
}

private void MainWindow_Paint(object sender, PaintEventArgs args)
{
    _graphic.Paint(args);
}

private void MainWindow_Load(object sender, EventArgs e)
{
}

private void comboBox2_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
}

private void CalculateButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Calculate();
}

private bool ReadValues()
{
    try
    {
        float
            k1 = float.Parse(val_k1.Text),
            k2 = float.Parse(val_k2.Text),
            k3 = float.Parse(val_k3.Text);

        if (k1 < Globals.INPUT_MIN || k1 > Globals.INPUT_MAX ||
            k2 < Globals.INPUT_MIN || k2 > Globals.INPUT_MAX ||

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

```

        k3 < Globals.INPUT_MIN || k3 > Globals.INPUT_MAX)
        throw new Exception();

        _amplifyCoefficients = new float[] { k1, k2, k3 }; //k
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Введіть коректне k значення від 0 до 100!", "Помилка",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
        return false;
    }
    try
    {
        float
            t1 = float.Parse(val_t1.Text),
            t2 = float.Parse(val_t2.Text),
            t3 = float.Parse(val_t3.Text);

        if (t1 < Globals.INPUT_MIN || t1 > Globals.INPUT_MAX ||
            t2 < Globals.INPUT_MIN || t2 > Globals.INPUT_MAX ||
            t3 < Globals.INPUT_MIN || t3 > Globals.INPUT_MAX)
            throw new Exception();

        _timeValues = new float[] { t1, t2, t3 }; //t
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Введіть коректне t значення! від 0 до 100", "Помилка",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
        return false;
    }

    Dictionary<string, string> regulators = new Dictionary<string, string>();
    regulators.Add("П", "P");
    regulators.Add("I", "I");
    regulators.Add("PI", "PI");
    _chosenRegulatorType
    (RegulatorCalculator.RegulatorType)Enum.Parse(typeof(RegulatorCalculator.RegulatorType),
    regulators[(string)RegulatorTypeComboBox.Items[RegulatorTypeComboBox.SelectedIndex]]);

    return true;
}

private void ShowUniqueCaseMessageIfNeeded()
{
    if ((RegulatorTypeComboBox.SelectedIndex == 0 || RegulatorTypeComboBox.SelectedIndex == 1)
    &&
        _amplifyCoefficients[0] == Globals.K1_DEFAULT &&
        _amplifyCoefficients[1] == Globals.K2_DEFAULT &&
        _amplifyCoefficients[2] == Globals.K3_DEFAULT &&
        _timeValues[0] == Globals.T1_DEFAULT &&
        _timeValues[1] == Globals.T2_DEFAULT &&
        _timeValues[2] == Globals.T3_DEFAULT)
        MessageBox.Show("Для заданих значень найкраще підходить ПІ-регулятор:\n" +
            "τ/T0 = 0,005/0,08 = 0,625\n" +
            "τ/T0 < 1\n" +
            "Rд = 0,7\n" +

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

```

        "уд = 0.71 * 22,05 = 15,655\n" +
        "уд = 15,43\n" +
        "уд.доп = 40\n" +
        "уд < уд.доп\n" +
        "tp = 0,45\n" +
        "tp доп. = 0,6\n" +
        "tp < tp доп.", "Перевірка умов", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
    }

private void Calculate()
{
    if (!ReadValues())
        return;
    ShowUniqueCaseMessageIfNeeded();
    CalculateButton.Enabled = false;
    CalculateButton.Text = "Обчислювання...";
    this.Refresh();
    //ввод (изменяемые пользователем)
    float[] frequencyValues = GetFrequencyArray();

    //изменяемые программой
    float Kp = 2.14f; //больше нуля меньше 100
    float Tu = 0.3f; //только для PI

    _circlePoints = GetCirclePoints();

    //АФХ не зависит от Kp или Tu, поэтому высчитывается один раз
    //обработка по алгоритму апериодичное звено первого порядка
    AperiodicAPRAAlgorithm linkAlgorithm = new AperiodicAPRAAlgorithm(frequencyValues,
    _amplifyCoefficients, _timeValues);
    //вычисление массива точек для графика(обычный график)
    _APRPoints = linkAlgorithm.CalculatePoints();

    bool foundSingleTouchPoint = false;
    try
    {
        do
        {
            //этап 2 добавление регулятора опираясь на выбор пользователя
            RegulatorCalculator regulatorCalculator = new RegulatorCalculator
            (_APRPoints, _chosenRegulatorType, Kp, Tu, frequencyValues);
            //обсчёт
            _regulatorObjPoints = regulatorCalculator.CalculatePoints();
            //-> получаем массив точек для графика (улиточка) <3

            //этап 3 - улиточка должна коснуться окружности
            //отбор только потенциально подходящих точек АФХ
            //(метод оптимизации, чтобы не обсчитывать вообще все точки)
            //берутся все точки с x<0 и y > -1 (самая нижняя точка окружности)
            PointF[] negativeXRegulatorPoints =
                GetPointsInRange(_regulatorObjPoints,
                new PointF(float.NegativeInfinity, Globals.CIRCLE_RADIUS * -1),
                new PointF(0, float.PositiveInfinity));

            //построить константную окружность (набор точек)
            PointF[] circleRange =

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

```

        GetPointsInRange(_circlePoints,
        new PointF(Globals.CIRCLE_CENTER_X, float.NegativeInfinity),
        new PointF(Globals.CIRCLE_MAX_X, Globals.CIRCLE_RADIUS), true);

    if (negativeXRegulatorPoints.Length == 0)
    {
        MessageBox.Show("Не знайдені оптимальні налаштування регулятора. Спробуйте інші
значення", "Помилка", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
        throw new Exception();
    }

    //найти все точки, расстояние между которыми меньше значения точности
    //если точки больше одной или ни одной, то менять значения Кр, пока не останется одна
точка
    //на выходе Кр(Р, I) и/или Тu(PI, PID)
    var plotsTouchResult = CheckPlotsTouches(circleRange, negativeXRegulatorPoints,
Globals.PLOTS_INTERSECTION_PRECISION);
    switch (plotsTouchResult)
    {
        case CheckSingleTouchPointResult.NoTouches:
            Кр += Globals.KP_CHANGE_STEP;
            break;
        case CheckSingleTouchPointResult.MultipleTouches:
            Кр -= Globals.KP_CHANGE_STEP;
            break;
        case CheckSingleTouchPointResult.SingleTouch:
            foundSingleTouchPoint = true;
            break;
    }
    if (Кр <= Globals.KP_LOWER_BOUND || Кр >= Globals.KP_UPPER_BOUND)
    {
        MessageBox.Show("Не знайдені оптимальні налаштування регулятора. Спробуйте інші
значення", "Помилка", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
        throw new Exception();
    }

    } while (!foundSingleTouchPoint);
}
catch
{
    CalculateButton.Enabled = true;
    CalculateButton.Text = "Обчислити";
    return;
}

switch((GraphicShowStyle)graphicStyleComboBox.SelectedIndex)
{
    case GraphicShowStyle.APR:
        _graphic.SetPlot(_APRPoints);
        break;
    case GraphicShowStyle.APR_Regulator:
        _graphic.SetPlot(_regulatorObjPoints);
        break;
    case GraphicShowStyle.APR_Regulator_built:
        _graphic.SetPlot( regulatorObjPoints, _circlePoints);

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        break;
    }

    kp_result.Text = "Kp = " + Kp.ToString("n3");
    tu_result.Text = "Tu = " + Tu.ToString("n1");

    result_message.Visible = true;
    kp_result.Visible = true;
    tu_result.Visible = true;
    m_value_label.Visible = true;

    save_button.Enabled = true;

    CalculateButton.Enabled = true;
    CalculateButton.Text = "Обчислити";
    _calculated = true;
    this.Refresh();
}

private void graphicStyleComboBox_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (!_calculated)
        return;

    switch ((GraphicShowStyle)graphicStyleComboBox.SelectedIndex)
    {
        case GraphicShowStyle.APR:
            _graphic.SetPlot(_APRPoints);
            break;
        case GraphicShowStyle.APR_Regulator:
            _graphic.SetPlot(_regulatorObjPoints);
            break;
        case GraphicShowStyle.APR_Regulator_built:
            _graphic.SetPlot(_regulatorObjPoints, _circlePoints);
            break;
    }

    this.Refresh();
}

private void test_button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    val_k1.Text = Globals.K1_DEFAULT.ToString();
    val_k2.Text = Globals.K2_DEFAULT.ToString();
    val_k3.Text = Globals.K3_DEFAULT.ToString();

    val_t1.Text = Globals.T1_DEFAULT.ToString();
    val_t2.Text = Globals.T2_DEFAULT.ToString();
    val_t3.Text = Globals.T3_DEFAULT.ToString();
}

private void clear_button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    val_k1.Text = "k1";
    val_k2.Text = "k2";
    val_k3.Text = "k3";
}

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

```

        val_t1.Text = "T1";
        val_t2.Text = "T2";
        val_t3.Text = "T3";
    }

    private void save_button_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        string separator = "; ";
        string text =
            "k1 = " + val_k1.Text + separator +
            "k2 = " + val_k2.Text + separator +
            "k3 = " + val_k3.Text + separator +
            "T1 = " + val_t1.Text + separator +
            "T2 = " + val_t2.Text + separator +
            "T3 = " + val_t3.Text + separator +
            kp_result.Text + separator +
            tu_result.Text + separator +
            "М-кола = 1,62"
        ;
        SaveFileDialog sfd = new SaveFileDialog();
        sfd.Filter = "Text File|*.txt";
        sfd.FileName = "Налаштування";
        sfd.Title = "Зберегти налаштування";

        if (sfd.ShowDialog() == System.Windows.Forms.DialogResult.OK)
        {
            using (StreamWriter bw = new StreamWriter(File.Create(sfd.FileName)))
            {
                bw.Write(text);
                bw.Close();
            }
        }
    }
}

```

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Таблиця Б.1 – Специфікація приладів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	К-сть	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-1	Витрата	Трубопровід	200 кг/год	Щит керування	Лічильник – дозатор, Об'єм бункерів по 20л, Похибка показань $\pm 1\%$	Piovan Lybra LG	1	Piovan Group, Італія
14-1, 15-1, 14-2, 15-2, 14-3, 15-3	Вологість	Апарат 3, 5	24 – 30%	Щит керування	Комплект виміру вологості (чутливий елемент, перетворювач та показуючий пристрій) Вих. сигнал 4 – 20мА; Напруга живлення 24В; Похибка показань $\pm 0,5\%$	Мікрорадар-апар 113K11 К	2 ком.	Мікрорадар-Сервіс, ООО, м.Люберці
16-2	К – сть обертів	Апарат 12	300 000 об/хв	Щит керування	Тахометр, Діапазон робочої температури (+5...40) °С Вих. сигнал 4 – 20мА; Напруга живлення 24В; Похибка показань $\pm 0,03\%$	ДО – 03 – 04	1	Харьков – прибор, м.Харьків
6-1, 6-2	К-сть продукції	Апарат 15	–	Щит керування	Лічильник імпульсів з показуючим дисплеєм, Діапазон робочої температури (+0...60) °С Вих. сигнал 4 – 20мА; Тип підрахунку: прямий, реверсний, зворотний Напруга живлення 24В;	СПІ РЗЦ	1	Теко, м.Челябінськ

Продовження таблиці Б.1 – Специфікація приладів

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1, 5-1	Тиск	Апарат 10, 11	27580кПа	Місцевий	Перетворювач тиску Вих. сигнал 4 – 20мА; Діапазон робочої температури (+10...40) °С Температура вимірювального середовища (-40...191) °С Похибка показань ±0,065%	Rosmont unt 3051	2	ООО УКРгазавтоматик а м. Харків
1-1	Витрата	Трубопровід	50 м³/год	Трубо- провід	Діафрагма камерна, Р _у = 10 МПа; D _{тр} =50 мм	ДКС 10-50	1	ВАТ «Промприлад», м. Івано- Франківськ
6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, 11-1, 12-1		Апарат 2, 3, 5, 10, 11, 12	120°C	Щит керування	Термoeлектричний перетворювач опору Вих. сигнал 4 – 20мА; Напруга живлення 12 – 36В; клас допуску - В	TSM 9623		ВАТ НВП «Українська енергетична компанія» м. Харків
6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 12-2 4-2, 5-2					Вимірювальний ПІД-регулятор одноканальний Вх. сигнал 4 - 20 мА; Вих. 4...20мА. Клас точності 0,25. Напруга живлення 0...1В, - 50...+50мВ. Максимальна похибка вимірювань 0,15 % Діапазон робочих температур від – 20 до +50 °С	TRM10		ВАТ «ОВЕН» м.Харків
7-3, 15-4				Трубопровід	Електричний одновитковий виконавчий механізм, номінальний обертний момент на валу – 16 Н·м; Номінальний час повного ходу – 25 с	МЭО – 16/25- 0,25-82	2	Завод електричних виконавчих механізмів, м.Севан

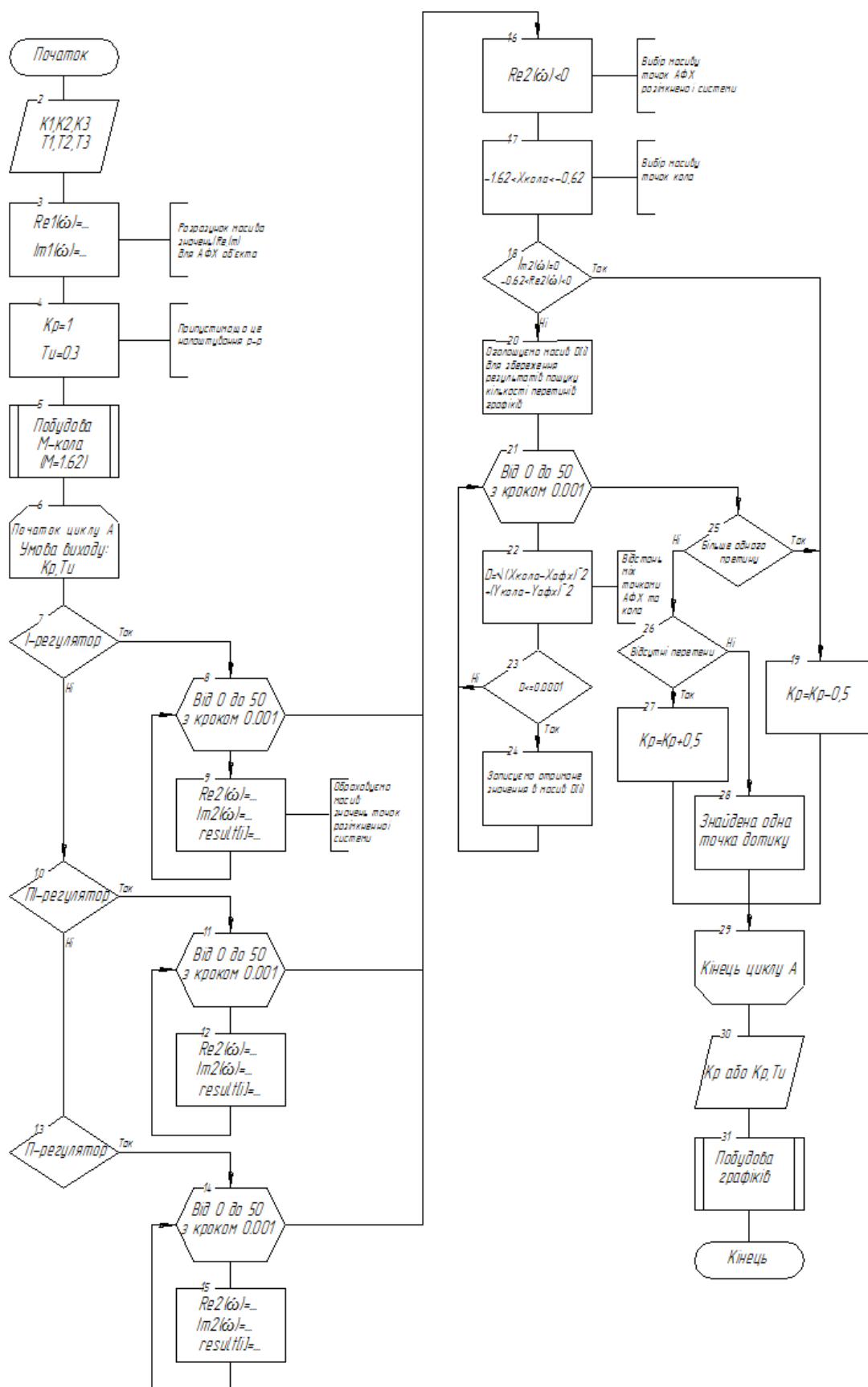
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ

Арк

88

Алгоритм обчислювального модуля



Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ-регулятора

$$j \equiv \sqrt{-1}$$

Вводимо явну одиницю j

$$i := 0..1000$$

Задаємо масив індексів

Задаємо масив значень ω і p

$$\omega_i := 0.01 \cdot i + 0.1$$

$$p_i := \omega_i \cdot j$$

Передавальна функція об'єкта

Введемо відомі параметри передавальної функції об'єкта

$$k1 := 1.698 \quad k2 := 1.002 \quad k3 := 0.7 \quad \tau_w := 0.05$$

$$T1 := 0.06 \quad T2 := 0.08 \quad T3 := 0.04$$

Введемо функцію об'єкта у вигляді масиву

$$Wob_i := \frac{k1}{T1 \cdot p_i + 1} \cdot \frac{k2}{T2 \cdot p_i + 1} \cdot \frac{k3}{T3 \cdot p_i + 1}$$

Знаходження параметрів ПІ-регулятора

Задаємо попередні значення коефіцієнта пропорційності і часу ізодрому

$$Kp_0 := 1 \quad Ti_0 := 0.3$$

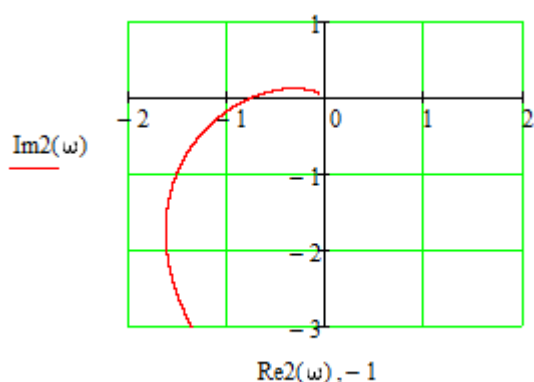
Вводимо передавальну функцію ПІ-регулятора

$$Wreg_i := Kp_0 \cdot \left(1 + \frac{1}{Ti_0 \cdot p_i} \right)$$

Знайдемо загальну передавальну функцію об'єкта і регулятора при розімкненій системі

$$W_i := Wob_i \cdot Wreg_i$$

Побудуємо АФХ отриманої функції



Побудова М-кола

Задаємо значення М

$$M := 1.62$$

Знаходимо кутовий коефіцієнт променя

$$kl := \tan\left(\arcsin\left(\frac{1}{M}\right)\right)$$

Запишемо масив індекців для частини променя

$$i1 := 0..60$$

Знаходимо масив координат точок для побудови променя

$$x1_{i1} := -i1 \quad y1_{i1} := kl \cdot x1_{i1}$$

Задаємо масив індексів М-кола

$$ic := 0..\frac{2 \cdot 3.14}{0.01}$$

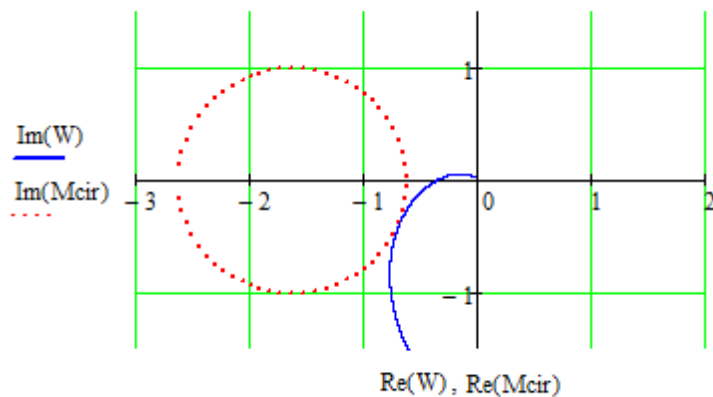
Задаємо приблизне значення

$$L := 1.5$$

Вводимо функцію М-кола

$$\alpha_{ic} := 0.01 \cdot ic \quad Mcir_{ic} := \left(\cos(\alpha_{ic}) + j \cdot \sin(\alpha_{ic})\right) \cdot \frac{L}{M} - L$$

Будуємо графік



Визначення оптимального значення коефіцієнта пропорційності

Якщо правильно підібрали значення L, то коло М дотикається до АФХ. Після чого обчислюємо Кр

$$Kp_0 := \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{M}{L} \text{ float}, 4 \rightarrow 4.534$$

					ДП ХА 5116 1490 001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91