

Міністерство освіти та науки України
Шосткинський інститут
Сумський державний університет
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
на тему:

“Система управління технологічної лінії виробництва олії з насіння соняшника”

Студент IV курсу:

Григоренко Андрій

Керівник роботи:



Коротка Т.В.

Реферат

Григоренко Андрій Юрійович. Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: "Система управління технологічної лінії виробництва олії з насіння соняшника". Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2023 рік

Робота складається з пояснювальної записки і графічної частини.

Пояснювальна записка містить 60 друкованих сторінок формату А4 (210x297). При виконанні роботи було використано 41 літературне джерело.

Робота складається з 5 розділів, які містять 72 рисунків, 3 таблиці з даними.

В кваліфікаційній роботі поданий опис технологічного процесу лінії виробництва олії з насіння соняшника, розглянуто основне технологічне обладнання та параметри, що впливають на ефективність процесу.

В ході виконання роботи було розроблено функціональну схему автоматизації. Були підібрані необхідні засоби автоматизації для даної системи.

Ключові слова: соняшникова олія, керування, система автоматизації.

Abstract

Andrii Grygorenko. Qualification work of a bachelor on the topic: "Control system for the technological line of production of oil from sunflower seeds." Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2023 year.

The work consists of an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note contains 60 printed pages of A4 format (210x297). The work was based on 41 literature sources.

The work consists of 5 chapters, which contain 77 figures, 3 tables with data.

The qualification work presents a description of the technological process of the sunflower seed oil production line, considers the main technological equipment and parameters that affect the efficiency of the process.

In the course of the work, an automation scheme was developed. Necessary automation tools for this system were selected.

Keywords: sunflower oil, control, automation system.

ЗМІСТ

ВСТУП

1.1. Характеристика якості сировини	4
1.2. Процеси виробництва соняшникової олії	6
2. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	12
2.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	12
2.2 Основне обладнання для виробництва олії.....	13
2.3 Схема інформаційно-матеріальних потоків.....	19
2.4 Параметри технологічного процесу.....	20
3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНІЛЬНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМИ РОБОТИ.....	21
3.1 Контури регулювання	21
4 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	28
4.1 Датчик температури	28
4.2 Електро- пневмоперетворювач.....	29
4.3 Перетворювач частоти Lenze 8200.....	30
4.4 Клапан пневматичний	30
4.5 Датчик вологості.....	31
4.6 Терморегулятор.....	32
4.7 Програмований логічний контролер.....	34
4.8 Модуль розширення сигналів контролера	35
4.9 Панель оператора.....	36
4.10 Блок живлення	37
4.11 Інтерфейс зв'язку	37
4.12 Реалізація SCADA системи.....	39
5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	42
5.1. Математична модель	42
5.2. Регулювання температури, вологості та олійності	46
Висновки.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
Додаток	

ВСТУП

Соняшникова олія є незамінним компонентом харчування людини. З допомогою олії організм отримує жири. Функції, які виконують жири в людському організмі, різноманітні. Однією з найважливіших функцій жирів є будівельна. Входячи до складу клітинних мембран, жири формують, так званий, ліпідний шар. В ліпідному шарі знаходяться білкові включення - рецептори і ферменти, які дають можливість клітині взаємодіяти з сусідніми клітинами і з зовнішнім середовищем. Друга з найважливіших функцій жирів - енергетична. Жири запасують велику кількість енергії, а отже є його поживним ресурсом. Тому соняшникова олія корисна і необхідна для раціону людини.

Рослинна олія накопичується в насінні, тому насіння є основою для промислового отримання олії. Традиційно олію з соняшника отримують двома способами - віджимом або екстрагуванням. Ці два способи можуть використовуватися окремо або разом. Віджим або пресування - більш екологічніший і простіший спосіб отримання олії, але кількість олії при цьому виходить менша. Олія, отримана віджиманням(пресуванням), дуже ароматна і має інтенсивне забарвлення. В такій олії зберігаються корисні речовини: вітаміни, ліцетини, антиоксиданти. Пресована олія має високі поживні та смакові властивості.

Підготовчим процесом для пресування олії є очищення, сушіння, обрушення насіння і відділення лузги від ядра. Далі насіння подрібнюють, в результаті чого отримують м'ятку. Під час виробництва олії пресуванням м'ятку прогрівають, перемішуючи і зволожуючі. Просмажену мезгу віджимають на пресах і фільтрують. Екстрагування більш вигідний, але і більш затратний метод. Перед екстракцією насіння також очищається, сушиться, обрушується, від ядра відділяється лузга. М'ятка пресується в шнекових пресах, далі іде, власне, процес екстрагування. Під час екстрагування олійну сировину обробляють органічними розчинниками, які легко відокремлюють масляними частинками. Потім відбувається процес випаровування розчинника. Далі олія надходить на рафінацію.

Виробництво олії з насіння соняшника є однією з провідних галузей харчової промисловості. Однак на підприємствах олійних виробництв спостерігається значне відставання в процесі автоматизації. Більшість олійних підприємств частково автоматизовані або автоматизовані на низькому рівні. Тому автоматизація виробництва в олійній промисловості потрібна більше ніж в будь якій іншій. Комплексна автоматизація дасть можливість значно збільшити продуктивність праці, покращити ефективність виробництва: зменшити собівартість, збільшити кількість і покращити якість виробленої продукції.

Об'єктом дослідження є технологічна лінія виробництва олії з насіння соняшника.

Предмет дослідження є сукупність необхідних умов, що забезпечують найкращий підхід та шляхи розробки системи управління при виробництві соняшникової олії.

Метою дослідження є вдосконалення технологічної лінії виробництва олії з насіння соняшника.

Для виконання сформульованої мети дослідження, нами були поставлені наступні завдання:

- дати характеристику якості сировини та процесів виробництва соняшникової олії;
- перелічити основне обладнання для виробництва олії та здійснити розробку схеми інформаційно-матеріальних потоків, контурів керування та функціональної схеми автоматизованої системи;
- здійснити вибір елементів системи та розробку схеми під'єднань.

У процесі дослідження використані методи: порівняння, аналогії, аналізу, синтезу та узагальнення – для розкриття змісту основних понять та термінів, статистичний для розробки таблиць. Теоретична та практична цінність роботи полягає в наявності теоретичного матеріалу з дослідження, відсіяного з-поміж іншого в процесі пошуку інформації за темрю, та в систематизації матеріалу напрямку дослідження.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1. Характеристика якості сировини

Насіння соняшнику, що вирощується та використовується в Україні, відповідає стандарту ДСТУ 7011-2009 "Соняшник. Технічні умови". Залежно від якості насіння поділяється на класи та призначення. Насіння соняшнику використовується для виробництва олії, кондитерських виробів та олеїнової кислоти.

Насіння соняшнику для виробництва олії поділяється на перший, другий і третій класи.

Віднесення до цільових груп і класів визначається різними показниками, основними з яких є вміст олії та кислотність. Так, для виробництва олії соняшник повинен мати масову частку олії не менше 40% в еквіваленті сухої речовини. Насіння соняшнику з вмістом олії 50% відноситься до 1-го сорту, 45% і вище - до 2-го сорту, 40% і вище - до 3-го сорту. У той же час, вміст олії в кондитерському насінні не повинен перевищувати 42%.

На відміну від цього, рівень вмісту олії в насінні для виробництва олеїнової кислоти не регламентується. При виробництві соняшникової олії кислотне число олії насіння 1-го класу не повинно перевищувати 1,3 мгКОН/г, 2-го класу - 2,2 мгКОН/г, 3-го класу - 5,0 мгКОН/г, а кислотне число насіння для виробництва кондитерської та олеїнової кислоти не повинно перевищувати 5 мгКОН/г.

Іншими важливими критеріями якості насіння соняшнику є вологість та засміченість. Насіння соняшнику з вологістю 6-8% вважається сухим. На засміченість насіння соняшнику впливає наявність олійних культур та сміття. Наприклад, насіння, що використовується для виробництва соняшникової олії, класифікується як чисте з вмістом олійних домішок не більше 3%, 2 класу - 5% і 3 класу - 7%: насіння для виробництва кондитерських виробів та олеїнової кислоти містить до 5% бур'янів. Домішка бур'янів при виробництві соняшникової олії не повинна перевищувати 1% для 1 класу, 2% для 2 класу, 3% для 3 класу і 3% для насіння для виробництва кондитерських виробів і олеїнової кислоти. Крім того, не можна допускати зараження насіння соняшнику шкідниками. Ці показники якості також ретельно контролюються, коли продукт надходить на елеватор і зберігається.

Насіння соняшнику, що надходить на переробку, часто містить високий рівень домішок. Це негативно впливає на якість олії, збільшує витрати і знижує продуктивність. Очищення насіння забезпечує необхідні умови для виробництва продукту. Очищають сировину сепаратори різних конструкцій.



Рис. 1.1 – Оцінка якості насіння соняшнику для виробництва олії

Окрім очищення, для збереження якості сировини та оптимізації виробництва олії необхідно контролювати вологість сировини.

Для того, щоб зберігати сировину високої якості, вміст води повинен бути на 2% нижчим за максимально допустиме значення. Для оптимальної технічної переробки вологість сировини повинна бути нижчою, ніж під час зберігання. Для видалення надлишкової води з сировини перед переробкою проводять теплове сушіння. Для сушіння використовують різні типи сушарок. Основним процесом в очищенні насіння є лушення, при якому отримують частини, що складаються з ядер, оболонок, полови, цілого і частково лушеного насіння.

Після лушення матеріал розділяється на ціле насіння, лушене ядро і лушпиння. Оболонка видаляється, ядро подрібнюється, а оболонка і ціле насіння повторно обрушується. Насіння соняшнику обрушується за допомогою лушильних машин або центрифуг: У машинах MNR насіння лушиться шляхом ударів барабанного бича, закріпленого на обертовому барабані, і багаторазових ударів по деці. Ротор і дека є основними робочими частинами центрифуги. Матеріал закидається на деку під дією відцентрової сили і розбивається при ударі об деку.

Оболонки відокремлюються від ядра з мінімальними втратами масла за допомогою сепаратора оболонок. Для цього використовується всмоктувальна вентиляторна машина МІС-50 продуктивністю 50 тонн на добу. Машина складається з решета і корпусу відсмоктувача. На ситі встановлено решето для відділення рушників. Після розділення за розміром макуха розділяється за щільністю в різних об'ємах повітря.

На вихід олії та ефективність роботи обладнання впливає подрібнення ядра насіння. З цієї причини використовуються п'ятивалкові машини. Ядро насіння соняшнику подрібнюється за допомогою вальців, які прокочуються кілька разів.

Якість подрібнення ядра насіння пропорційна до рівня вологості. При вологості 5,5-6% клітини насіння добре подрібнюються. Ядра, подрібнені за допомогою вальців, називаються м'ятою. Оскільки ферменти в клітинах розщеплюють олію і властивості олії погіршуються, вона

не може довго зберігатися. Олія в м'яті відокремлена тонкою плівкою на поверхні подрібнених частинок зерна або насіння і утримується силою міжмолекулярних взаємодій. Волога і термічна обробка (обсмажування) використовуються для ослаблення сил, що зв'язують олію з поверхнею м'яти. Цей процес відбувається в спеціальному пристрої, який називається ростер. Продукт, отриманий після обсмажування, називається целюлозою. У галузі відомі два види обсмажування - мокре та сухе.

Мокре обсмажування здійснюється у два етапи. Спочатку м'яту зволожують, нагрівають і пропарюють до необхідної вологості та температури. Потім мокру м'яту сушать, щоб надати їй необхідної структури для гарного пресування.

При сухому обсмажуванні м'яту сушать і нагрівають до певної температури без попереднього нагрівання або зволоження. Під час обсмажування вплив вологи, тепла і кисню посилює інактивацію ферментної системи м'яти, що призводить до інтенсивних процесів гідролізу і окислення. Перед сухим обсмажуванням м'яту можна інтенсивно і короткочасно нагріти до 80-85°C у шнеку з парюю і одночасно зволожити, щоб інактивувати ферменти.

Для зволоження і обсмажування м'яти компанії використовують спеціальні обсмажувальні машини, які можна розділити на кілька типів. М'якоть з насіння соняшника, отримана шляхом однократного пресування, подрібнюється, а потім направляється в шнек для пропарювання та зволоження, де насичується парюю до 8-9% вологості і нагрівається до 80-85°C. Волога м'ята сушиться в сушарці, де вологість знижується до 2-1,5%, а температура підвищується до 115-120°C. Час обсмажування становить 40-45 хвилин.

1.2. Процеси виробництва соняшникової олії

Олію отримують двома методами: розчиненням в органічних розчинниках (екстракція) та механічним вилученням (пресуванням). Ці методи можуть використовуватися окремо або в комбінації.

Раніше олію виробляли гідравлічним пресуванням, але вихід соняшникової олії був недостатнім, а її вміст у шроті становив 7-8%.

Сьогодні на заводах з виробництва соняшникової олії використовуються преси шнекового типу, основними робочими елементами яких є гвинтовий вал і млиновий циліндр. Залежно від тиску в порожнині фрези та кількості олії, що залишається в сировині, на заводах застосовують різні типи шнекових пресів. Їх можна розділити на преси для попереднього віджиму (форпреси), преси для глибокого віджиму, преси для сепарації (експелера) і комбіновані преси.

Початковий тиск у пресі становить 0,03 МПа, в середині процесу просіювання - 1,67-2,23 МПа і тиск на виході - 0,35 МПа. Час пресування залежить від кількості обертів валу, розміру вихідного жолоба і характеру сировини. Для вилучення олії з насіння соняшнику використовується попередній прес, тобто спочатку використовується неглибокий прес.

Для виробництва олії шляхом екстракції компанії використовують бензин як розчинник. Після пресування соняшниковий шрот транспортується для екстракції. Щоб збільшити поверхню контакту між розчинником і подрібненим матеріалом, матеріал проходить через здвоєні плющильні вальці, що складаються з плоских вальців і пластин товщиною 0,2-0,4 мм.

Існує два типи виробництва олії шляхом екстракції: інфузія і поступове знежирення. При інфузії матеріал заливають розчинником. Потім олія перетікає в розчинник (утворюється розчин) і зливається. Потім знежирений матеріал заповнюється розчинником (і цей процес повторюється до повного видалення олії).

При послідовному знежиренні чистий розчинник безперервно подається в знежирений матеріал. Екстракція поділяється на два періоди: 1) екстракція соняшnikової олії; 2) екстракція олії, що міститься в цілих і частково деформованих клітинах. Після екстракції шрот містить 1% олії і 40% розчинника.

Технологічна схема виробництва олії



Рис. 1.2 – Схема виробництва соняшnikової олії

За технологічною ознакою технологічні процеси діляться на такі етапи:

- 1) підготовка до зберігання і зберігання олійного насіння;
- 2) підготовка насіння до вилучення олії;
- 3) вилучення олії;
- 4) рафінація отриманого масла;
- 5) розлив;
- 6) упаковка.

Проаналізуємо більш детально основні стадії виробництва.

Очищення і зберігання насіння соняшника.

Цей етап включає в себе такі технічні процеси, як очищення насіння від домішок, кондиціонування вологості насіння та зберігання насіння. Очищення насіння від сторонніх домішок. Посівний матеріал, що надходить на зберігання та переробку, являє собою неоднорідну суміш насіння та домішок, таких як органічні речовини, мінерали та олії. Очищення насіння від домішок здійснюється в очисних машинах (сепараторах і аспіраторах) за допомогою наступних процесів:

- розділення кластерів насіння відповідно до їх аеродинамічних властивостей шляхом продування повітря над шаром насіння
- відокремлення насіння від металевих домішок за допомогою феромагнетизму
- розділення кластерів насіння за розміром за допомогою сит з отворами різного розміру і форми.

При просіюванні насіння соняшнику отримують дві фракції: перехідна частина (частина, яка проходить через отвори) і насіннева (частина, яка залишається в решеті).

Насіння соняшнику коригується відповідно до його вологості. Насіння з вологістю на 2-3% нижче допустимої піддають тривалому зберіганню. Кондиціонування покращує технічні властивості насіння. Вологість насіння можна знизити шляхом сушіння в промислових шахтних, барабанних сушарках і сушарках з киплячою парою, а також шляхом активного вентилявання в сховищах, обладнаних пристроями, що подають і розподіляють повітря в насінневу масу.

Метою зберігання насіння соняшнику є мінімізація втрат під час переробки та захист насіння від псування для отримання високоякісного продукту, а також поліпшення якості насіння для більш ефективної переробки.

Підготовка насіння до вилучення олії.

Ця підготовка включає очищення насіння від сторонніх домішок, калібрування розміру насіння, кондиціонування вологості насіння (а також супутні процеси перед зберіганням насіння), лушення насіння, розділення оболонки на фракції та подрібнення ядра.

Лушення та відділення ядра від оболонки.

Насіння соняшнику переробляється після лушення. Лушення - це процес руйнування зовнішньої оболонки насіння олійних культур шляхом удару.

Робочі органи лушильних машин бувають різними:

- дробарки з плоскими або хвилястими металевими поверхнями.
- подрібнювачі насіння призначені для удару насіння об металеву поверхню, наприклад, подрібнювач насіння типу Scourge MRN являє собою деку, подрібнюючим елементом якої є сепаратор з хвилястою поверхнею;
- методи різання сталевими робочими органами (диски типу AC-900, ножі, вальцьові очисники).

Недоліком цих методів є часткове руйнування зерна, утворення тирси та масляного пилу.

Більш сучасною моделлю є відцентровий лушильник RZ-MOS. Його перевага полягає в тому, що зерно в момент зіткнення з декою орієнтується поздовжньо. При такому ударі оболонка приймає на себе все навантаження і ядро майже не роздавлюється, тоді як при прямому ударі ядро також значною мірою роздавлюється, що призводить до більших втрат олії разом з оболонкою.

Найцікавішими із сучасних методів лушення насіння є наступні методи:

- 1) метод створення надлишкового тиску всередині насіння;
- 2) аеродинамічний метод.

Існує кілька способів реалізації першого методу:

- майже миттєве випаровування води з ядра в надзвуковому електромагнітному полі, конденсація пари в просторі між ядром і оболонкою, підвищення тиску всередині насіння і руйнування оболонки;
- багаторазові зміни тиску (в закритій камері насіння піддається пульсуючому високому тиску, що викликає явище втоми в насінні і оболонка руйнується);
- одноразове скидання тиску (насіння поміщають в пристрій високого тиску, швидко розгерметизують, а потім поміщають в приймач при атмосферному тиску, де оболонка руйнується за рахунок миттєвого перепаду тиску всередині і зовні насінини).

Суть аеродинамічного методу полягає в тому, що насіння, яке потрапляє в пристрій, збирається стисненим повітрям, що подається соплом, а потім насіння викидається через трубу в розвантажувальний пристрій. Осипання відбувається під впливом декількох факторів: абразивної дії самого струменя, інерції та надлишкового тиску самого насіння.

Загальна перевага цих методів полягає в тому, що не відбувається значної фрагментації зерна і утворюється дуже мало полови або масляного пилу. Недоліки: технічно складний та енергоємний.

В результаті процесу лушення отримують макуху, яка є сумішшю різних фракцій: ціле насіння, частково лушене насіння, цілі ядра, половинки ядер, биті ядра, макуха та оболонка (соняшникове лушпиння).

Розділення лушпиння на фракції.

Для відділення оболонок використовуються різні властивості кожного компонента: лінійні розміри, маса, аеродинамічні властивості, електрофізичні властивості і опір тертя. Для розділення використовується всмоктувальна сівалка R1-MST та електростатичний сепаратор SMR-11. Шкаралупа розділяється на ядро і лушпиння (оболонки). Дуже важливо відокремити лушпиння від ядра соняшника. Це покращує якість олії, підвищує продуктивність обладнання та зменшує втрати олії разом з лушпинням через змащення, оскільки ліпіди лушпиння, що містять велику кількість супутніх речовин, не переходять в олію.

Дроблення ядра соняшника.

Метою цього процесу є руйнування клітинної структури ядра для максимального вилучення олії при подальших операціях переробки. Один, два або п'ять вальців з рифленою і

гладкою поверхнею використовуються для подрібнення ядер і насіння. В результаті виходить пухка м'ятна маса; подрібнення листя за допомогою вальцевої і двопарної плющилки FV-600 дає листя товщиною менше 1 мм і дошкоподібні коржі.

Вилучення олії.

Загалом, соняшникову олію можна виробляти двома способами: екстракцією та пресуванням. З цих методів можна виділити наступні технічні рішення для виробництва соняшникової олії.

- Холодний віджим здійснюється без будь-якої обробки насіння. Він підходить в деяких випадках і для деяких продуктів, але в промислових масштабах призводить до втрати частини продукції.

Пресування - це попереднє вилучення олії з насіння, за яким зазвичай слідує інші процеси вилучення олії.

- Однократне пресування.
- Подвійне пресування передбачає пресування продукту в кілька етапів. Перший етап - первинний віджим, а другий - більш інтенсивний віджим з меншою кількістю продукту. В результаті отримують олійно-жирові продукти різної якості. Насправді, в деяких галузях промисловості продукти двох етапів пресування змішуються або упаковуються окремо.
- Екстрагування здійснюється після пресування. Спочатку зерно подрібнюють, щоб полегшити процес екстракції. Екстракція - це вилучення олії за допомогою спеціальних розчинників.

Для підвищення ефективності екстракції олії насіння соняшнику слід нагріти, щоб видалити зайву воду і полегшити процес пресування. При цьому насіння соняшнику повинно бути дуже добре перемішане, щоб забезпечити однорідність процесу. В принципі, термічна обробка проводиться в два етапи, але в сучасному обладнанні вона може здійснюватися одночасно. Перший етап передбачає нагрівання та сушіння насіння соняшнику. Цей процес зазвичай відбувається під час транспортування продукту до преса або інших технічних процесів і здійснюється на шнекових парозволожувальних конвеєрах. Насіння нагрівається до 80-85°C. Цей процес значно зменшує енергію зв'язку між олією та м'якоттю, тобто безолійною частиною насіння. На другому етапі температура продукту ще більше підвищується шляхом нагрівання, щоб зменшити в'язкість, поверхневий натяг і щільність олії. В результаті олія легше протікає через м'якоть під час пресування. Цей процес необхідний для підвищення ефективності процесу пресування. Продукт, отриманий в результаті вищевказаних процесів, називається мезгою. Утворену таким чином пористу масу піддають процесу попереднього віджиму, з якого витягують 60-85% соняшникової олії. У багатьох випадках гвинтові преси є найефективнішим методом ущільнення. У таких пресах ущільнення досягається за рахунок тертя матеріалу об стінку і звуження обертання гвинта. Стінки циліндрів таких пресів також забезпечені отворами, через які можна зливати масло для збору. В результаті цього процесу утворюється макуха, що містить

достатню кількість олії (близько 15-25% залежно від конструкції преса і умов процесу). Ця макуха або направляється на додатковий процес відділення олії, або повертається на вхід преса. Сама мезга транспортується на остаточний процес пресування.

Під час остаточного пресування або віджиму умови стають дещо жорсткішими, а тиск збільшується. В результаті цього процесу вміст олії знижується до 4-6%. На цьому етапі пресування в пресі відбувається шляхом розчавлювання сировини між двома шестернями або гвинтами, що контактують один з одним. При цьому перед корпусом преса встановлюється дробильний пристрій. Крім того, оскільки процес пресування стає більш інтенсивним, необхідна додаткова робота з очищення макухи від певного сміття, такого як металеві частинки і пісок. Ця робота проводиться перед подачею макухи в бункер. Крім того, для покращення процесу необхідно додати до макухи 6-8% вологи.

У цій роботі розглянутий процес виробництва олії з насіння соняшника методом пресування.

Нижче приведені технічні умови, що мають виконуватися під час цього процесу.

Таблиця 2.1

Стадія технологічного процесу	Параметри	Норма
Надходження насіння	Вологість Сміттєві домішки Олійні домішки Зараженість шкідниками	6%-8% $\leq 3\%$ $\leq 7\%$
Очищення насіння від сміття	Сміттєві домішки Відходи після очищення вміст цілого насіння і олійних домішках	$\leq 2\%$ $\leq 3\%$
Надходження насіння у виробництво	Вологість Вміст лушпиння Вміст олії	6%-8% 22%-30% 40%-54%
Розділення рушанки	Вологість в ядрі Вміст лушпиння Олійність лушпиння Вологість в лушпинні Вміст ядра в лушпинні	5.5%-6% < 12-14% $\leq 0.8\%$ 9-12% < 1.5%
Подрібнення ядра	Прохід через 1мм сито Вологість м'ятки Температура насіння Температура сировини	> 40% 5-6% 15-20°C 120-140°C
Пресування	Олійність жмиху Температура м'ятки Вологість м'ятки	4-7% 80-85°C 100-135°C 7-9%

2. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Використовувані в даний час технологічні процеси виробництва соняшникової олії способом пресування і методом прямої екстракції мають істотний недолік – вони високовитратні, особливо метод екстракції. Однак, спосіб пресування в економічному відношенні має реальну можливість істотно зменшити ці витрати, використовуючи принципово нові технології і конструктивні рішення для отримання необхідних тисків пресування.

Пресують насіння соняшника на безперервно діючих пресах шнекового типу (форпрес і експелер). Попередній віджим масла – форпресування. Пресуванням називається віджимання масла з сипучої пористої маси-мезги. В результаті пресування витягується 60–85% масла, тобто здійснюється попереднє вилучення масла – форпресування. Для пресування застосовують преси різних конструкцій. Залежно від тиску на пресований матеріал і олійності виходу макухи, шнекові преси ділять на преси попереднього знімання масла – форпреси і преси остаточного знімання масла – експелери.

Шнековий прес являє собою ступінчастий циліндр, всередині якого знаходиться шнековий вал. Стінки циліндра складаються із сталевих пластин, між якими є вузькі щілини для виходу віджатого матеріалу. В результаті форпресування мезги отримують форпресовану олію і форпресовану макуху. При збільшенні тиску частинки мезги зближуються, масло віджимається, а пресований матеріал ущільнюється в монолітну масу макуху. При цьому в макусі залишається 5... 8% масла (від маси макухи).

Після першої стадії, мезгу направляють на остаточне пресування або для отримання пелюстки. Остаточний віджим насіння соняшника здійснюється в більш жорстких умовах, в результаті чого вміст олії в макусі знижується до 4–7%.

Спрощена машинно-апаратна схема лінії виробництва рослинної олії з насіння соняшнику представлена на рис. 2.1.

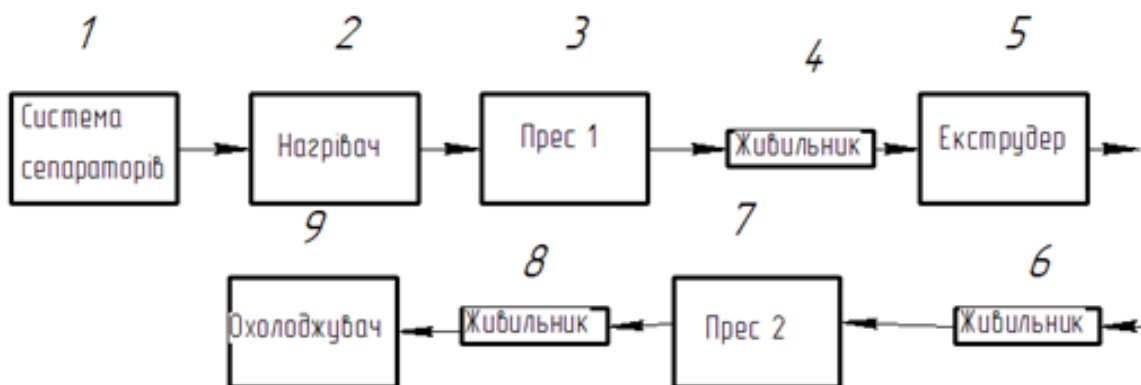


Рис. 2.1 – Спрощена машинно-апаратурна схема лінії виробництва рослинної олії з насіння соняшнику методом пресування:

1 - система сепараторів; 2 – нагрівач насіння; 3 – прес попереднього віджиму; 4,6,8 – живильники; 5 – екструдер; 7 – прес остаточного віджиму; 9 – охолоджувач.

2.2 Основне обладнання для виробництва олії

Після попереднього миття для видалення домішок, луцення та сушіння насіння соняшнику відправляється на лінію олійно-жирової переробки.



Рис. 2.2 – Фотосепаратор

Спочатку насіння додатково очищується в фотосепаратор[35]. Вихідна сировина подається в сортувальну машину. Вібтрації транспортують сировину до розподільчого каналу, де вона розподіляється в один шар.

Після проходження через розподільчі канали матеріал потрапляє в освітлену зону огляду, де його ретельно перевіряють камери, оснащені високотехнологічними датчиками. Коли датчики отримують відбите світло від матеріалу, вони надсилають сигнал на контролер СУ. На основі сигналу, отриманого від оптичної системи, електронна система управління подає команду на

відкриття ежектора, який за допомогою потужного спрямованого повітряного потоку видуває домішки різних кольорів.

Придатні продукти спрямовуються в спеціальну зону. Домішки виводяться з сепаратора через вихідний отвір для відходів. Для більш ретельного сортування більшість оптичних сепараторів мають опцію повторного сортування, щоб мінімізувати втрати придатного продукту.

Після очищення насіння потрапляє в нагрівач.



Рис. 2.3 – Нагрівач насіння GH 1000

Для збільшення виходу олії сировина повинна бути нагріта до 15...20 °С. Секція нагрівання являє собою конструкцію шахтного типу з прямокутним поперечним перерізом 1050 x 1250 мм і висотою 1030 мм. Усередині є вхідні та вихідні коробки. Вони пропускають гаряче повітря через шар зерна. Сировина нагрівається за рахунок контакту гарячої поверхні короба з гарячим повітрям. Частотні перетворювачі регулюють температуру нагрівальних елементів тенів, а отже, і температуру повітря, що використовується для нагрівання зерна.

Схему типового преса [31], що використовується для віджиму олійних культур, показано на рисунку 1.5. У ньому є три зони, де відбувається процес.

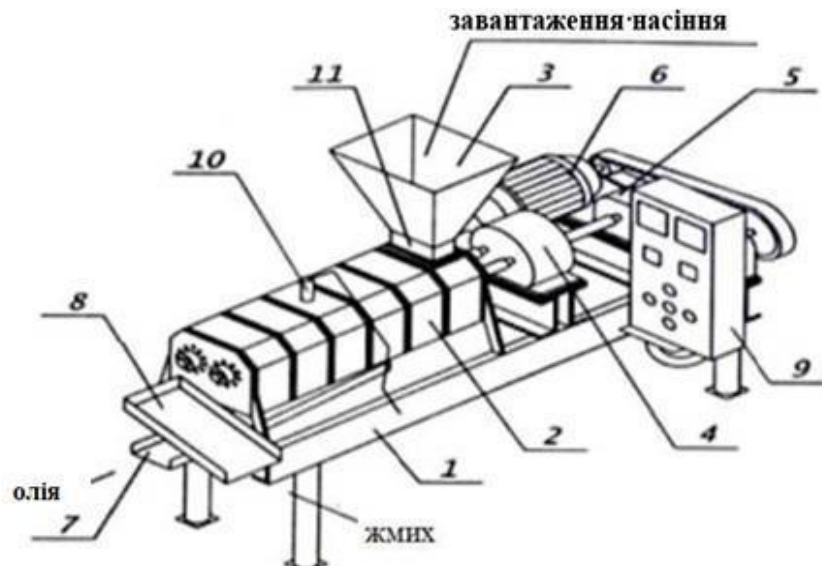


Рис. 2.4 – Схема типового олійного пресу:

1 – станина; 2 – пресовий корпус з отворами; 3 – пристрій завантаження; 4 – пристрій роздвоєння; 5 – редуктор; 6 – електричний привід; 7 – елемент для відводу отриманого масла; 8 – пристрій для відведення макухи; 9 – система ручного керування процесом; 10 – давач температури.

Перша зона є зоною підготовки і зазвичай обладнана конвеєрами для прийому насіння та іншими елементами. У другій зоні відбувається термічне зволоження м'якоті за допомогою нагрівального пристрою. У цьому процесі насіння безперервно перемішується і отримує тепло від нагрівального пристрою. При цьому його температура швидко підвищується до 95-115°C, завдяки чому сили розтягування значно зменшуються і олія вільно відокремлюється від м'якоті.

Після нагрівання насіння подається в олійний прес для попереднього подрібнення. У цьому пресі олія віджимається при температурі до 60°C. Сировина подається в бункер преса. Сировина опускається в завантажувальний пристрій через дверцята в нижній частині бункера. Шнекові вали транспортують сировину від завантажувального пристрою до пресувального пристрою.

Зі збільшенням діаметра отвору шнека вільний об'єм сировини зменшується. В результаті насіння стискається і подрібнюється. В процесі дроблення насіння під тиском відбувається нагрівання маси і віджимання рослинної олії. Олія стікає в камеру збору, утворену елементом рами преса, і виводиться через трубу в нижній частині преса в систему збору олії цеху. Макуха продовжує рух через пресовий блок, на виході подрібнюється крильчаткою і видаляється з преса в цехову систему транспортування макухи .

Третя зона, зона пресування, характеризується процесом підвищеного тиску для стиснення мезги і відділення олії. Шнековий циліндр має отвір для витікання олії. Ця зона також нагріває сировину і проштовхує її між двома шнеками, що створює ефект стискання і просуває макуху вперед. Цей процес забезпечує ефективне вилучення рослинної олії.

Бункери, що використовуються для завантаження шнеків, доступні в різних конструкціях, прямокутних і круглих. Для видалення металевих сміття, яке може пошкодити екструдер, можна також використовувати магніти. Машина також оснащена роздвоювачем, який регулює швидкість обертання двох шнеків від одного приводу. Така конструкція забезпечує синхронізацію між валами, що призводить до синхронізованого обертання. Крім того, передбачений радіально-упорний підшипник для поглинання осьових зусиль від преса.

Асинхронний трифазний електродвигун встановлюється на пресовій установці для приводу обертання і з'єднується з валом екструдера через редуктор. Залежно від версії, крутний момент може передаватися безпосередньо або через клинопасову передачу. Екструдери працюють з двома основними силовими ланцюгами, які споживають значну потужність: один з них - це головний привід, а інший - нагрівач, який використовується для сушіння пульпи. Робота цих двох елементів повинна суворо контролюватися, оскільки вони безпосередньо впливають на продуктивність і ефективність роботи установки.

Після віджиму в олійному пресі олія подається на вхід сепаратора. Вона очищається за допомогою механічного сепаратора[30]. Під час проходження олії через сепаратор видаляється 70,85% макухи.



Рис. 2.5 – Механічний сепаратор M08500.

Проілюструємо принцип роботи сепаратора. вироблена соняшникова олія потрапляє в бак 1. Спочатку в резервуарі відбувається накопичення олії. У цей час бак 2 може бути порожнім. Ланцюговий конвеєр починає рухатися. Потім лопаті переміщують осад по перфорованій металевій підлозі (решітці). Через отвори в решітці олія повертається в резервуар 1, а знятий шлам потрапляє на гвинтовий конвеєр. Цей процес відбувається безперервно. Швидкість руху лопаті на решітці становить 0,2 м/хв. Рівень масла в резервуарі 1 поступово піднімається до висоти переливного каналу, що веде до резервуару 2 (нижче висоти перфорованої підлоги). Олія починає надходити в резервуар 2. У резервуарі 2 повторюється процес видалення осаду з олії, що надходить до живильника. Відокремлений осад направляється назад в прес для віджиму олії.

Після першого пресування сировина, що залишилася, направляється в екструдер[29] для підігріву перед наступним пресуванням.



Рис. 2.6– Екструдер E1000.

Сировина подається в робочий орган екструдера шнековим живильником (частота обертання регулюється). Насіння подрібнюється і ущільнюється. За рахунок стиснення і тертя сировина нагрівається до 120 – 140 °С, відбувається саморозігрів сировини в робочому органі екструдера.

Живильник[28] переміщує сировину вздовж технологічної лінії. Живильник також контролює рівень вологості сировини за допомогою вентиляції.



Рис. 2.7 – Живильник SF 250

Нагріта в екструдері сировина подається на прес [32] для отримання кінцевої соняшникової олії із залишковим вмістом олії до 10%.



Рис. 2.8 – Прес RP1000

Сировина подається в бункер преса. Сировина опускається з направляючої під бункером до вузла подачі. Гвинтовий вал транспортує сировину від вузла подачі до вузла витягування. Зі збільшенням діаметра западин гвинтів шнека вільний об'єм для сировини зменшується. В результаті насіння соняшнику стискається і подрібнюється. В процесі дроблення насіння під тиском відбувається нагрівання маси і вилучення соняшникової олії. Олія стікає в збірну камеру, утворену рамним елементом преса, і виводиться через трубу під пресом в механічний сепаратор.

Макуха, отримана після пресування, направляється в систему охолодження.



Рис. 2.9 – Охолоджувач OE 1000

Насіння соняшнику подається в живильник. Шнеки транспортують продукт до охолоджувального барабана, який обертається навколо осі. У середині барабана є приварені стрижні. Під час його обертання гаряча макуха пересипається в сторону вивантаження. З боку

подачі охолоджувач [33] оснащений вентилятором, який створює потік повітря над матеріалом, що засипається в барабан. Між холодним повітрям і гарячим екструдатом відбувається теплообмін. Вентилятор виводить гаряче повітря з охолоджувача. Охолоджений продукт вивантажується з барабана охолоджувача.

2.3 Схема інформаційно-матеріальних потоків

На основі розглянутої в попередніх розділах інформації складемо схему інформаційно - матеріальних потоків (див. рис. 2.2)

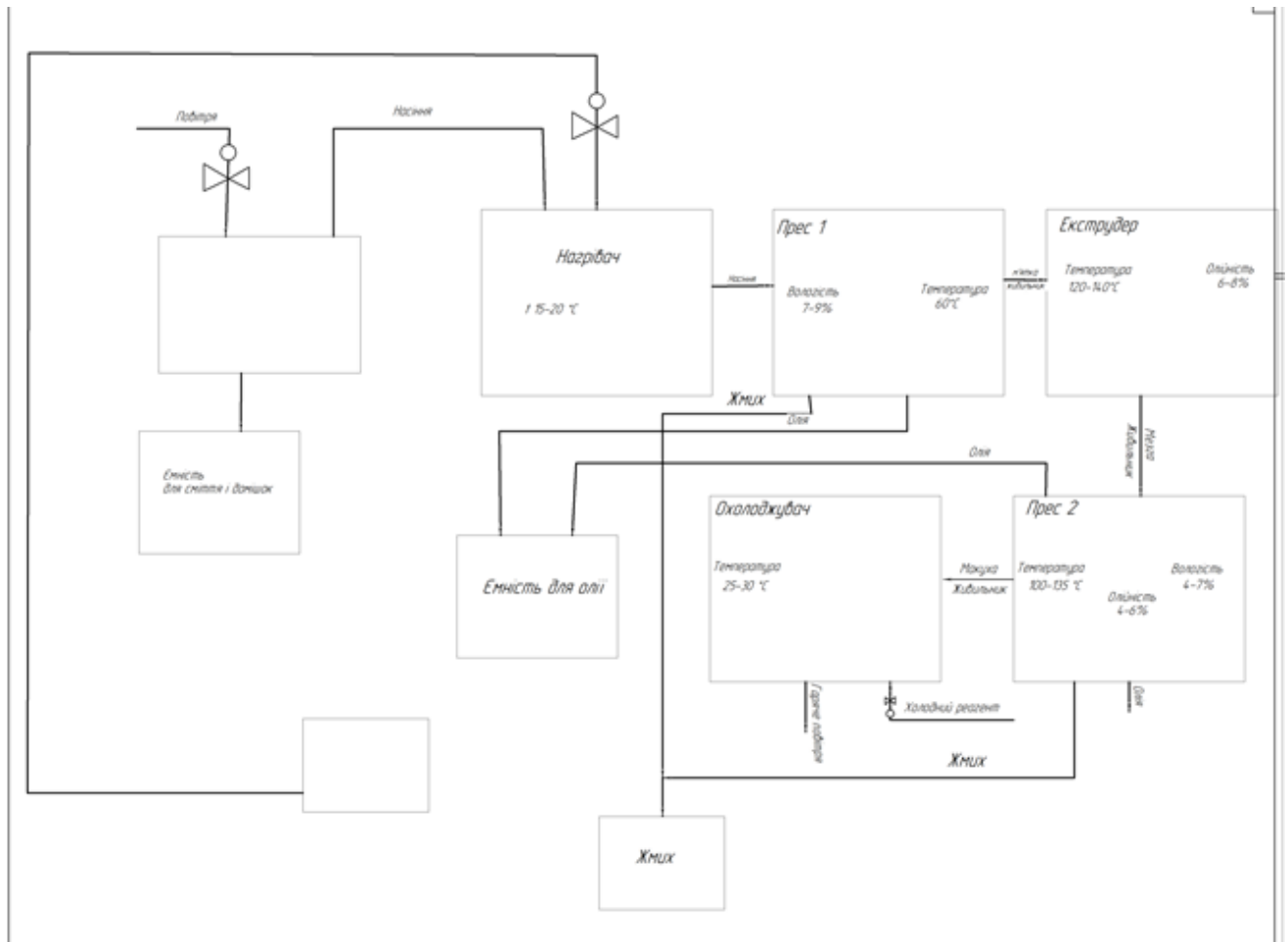


Рис.2.10 Схема інформаційно-матеріальних потоків системи управління технологічним процесом виготовлення олії з насіння соняшника

2.4 Параметри технологічного процесу

Виходячи з технічних умов, які мають додержуватися під час виготовлення олії, розроблене завдання на систему автоматизації.

Таблиця 2.2 – Вхідні та вихідні сигнали системи керування технологічним процесом виготовлення олії з насіння соняшника

<i>Агрегат, Установка</i>	<i>Параметр</i>	<i>Припусти- ме значення</i>	<i>Вид автоматиза- ції</i>	<i>Характер контролю чи управління</i>	<i>Засоби управління, контролю, регуляції</i>
<i>Нагрівач</i>	<i>температура °C</i>	<i>15-20</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
			<i>регулювання</i>	<i>стабілізація</i>	<i>вплив на клапан праи</i>
<i>Прес</i>	<i>температура °C</i>	<i>80-85 100-135</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
	<i>вологість%</i>	<i>7-9</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
<i>Екструдер</i>	<i>температура °C</i>	<i>120-140</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
			<i>регулювання</i>	<i>стабілізація</i>	<i>частотний перетворювач</i>
<i>Охолоджува- ч</i>	<i>температура °C</i>	<i>20-25</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
			<i>регулювання</i>	<i>стабілізація</i>	<i>вплив на клапан холодної води</i>
<i>Живильник</i>	<i>вологість%</i>	<i>4-9</i>	<i>контроль</i>	<i>відображення , реєстрація</i>	<i>АРМ оператора, щит управління</i>
			<i>регулювання</i>	<i>стабілізація</i>	<i>за рахунок вентиляторів</i>

3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНІЛЬНОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМИ РОБОТИ

3.1 Контури регулювання

Система автоматизації лінії виробництва олії з насіння соняшника містить наступні контури регулювання, контролю та сигналізації:

- контур регулювання температури в нагрівачі
- контури контролю температури олії на виході пресів і нагрівача
- контур регулювання температури в екструдері
- контури контролю температури олії на виході
- контур контролю температури олії на виході охолоджувача
- контур регулювання вологості в живильниках та пресах

Регулювання температури в нагрівачі GH 1000

Для контролю нагрівання в нагрівачі ставимо датчик температури. Регулювання температури тентів відбувається за рахунок електро-пневмоперетворювача, сигнал з якого надходить на клапан, що встановлений на трубопроводі подачі насиченої пари.

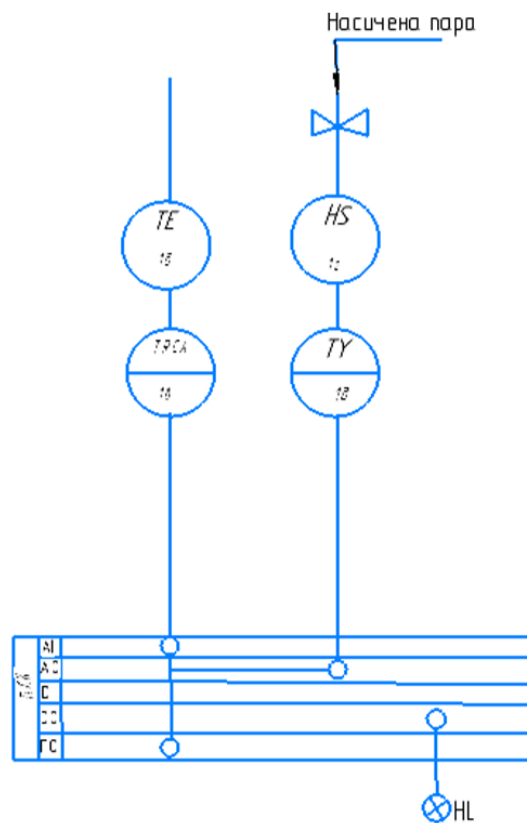


Рис.3.1 – Контур регулювання температури в нагрівачі.

Контроль і реєстрація температури олії на виході пресів

Температура олії на виходів пресів вимірюється термоперетворювачем опору, сигнали з якого надходять на ПЛК, який здійснює індикацію і реєстрацію її значення.

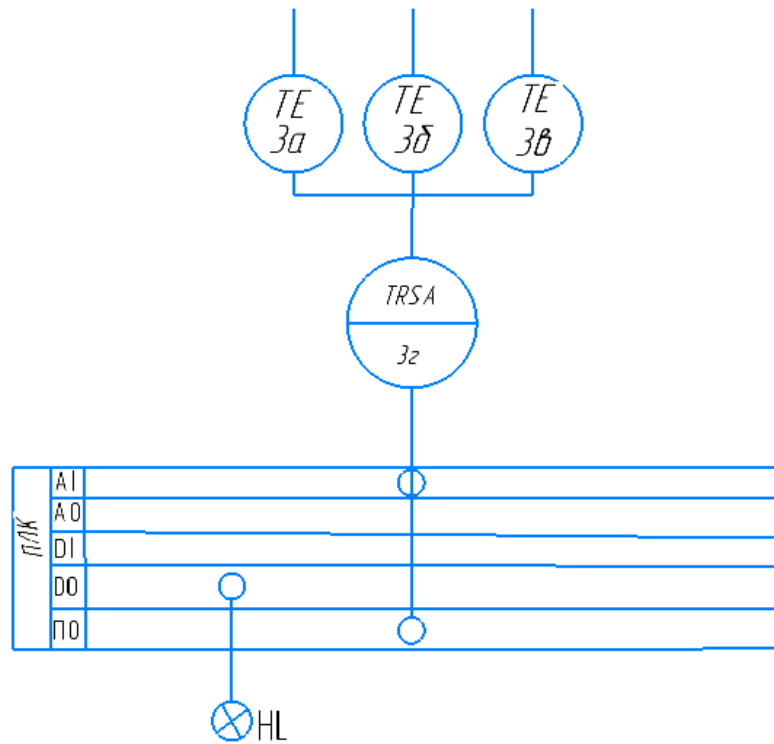


Рис.3.2 – Контур контролю температури олії на виході пресів

Регулювання температури в екструдері

В екструдері температура контролюється за допомогою датчика температури, регулювання відбувається за рахунок зміни потужності в екструдері

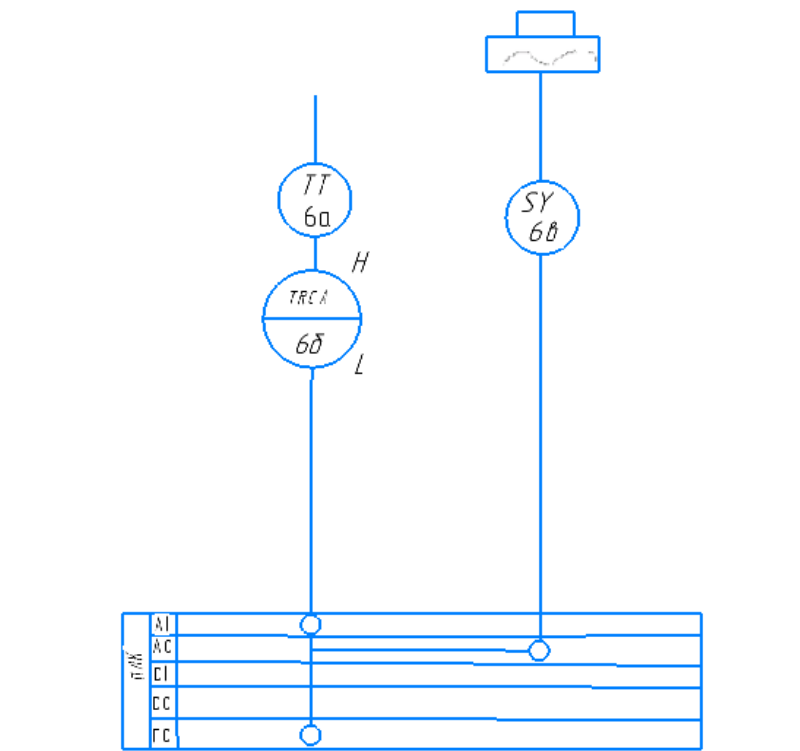


Рис.3.3 – Регулювання температури в екструдері

Реєстрація і контроль температури олії на виході охолоджувача

Температура олії на виході охолоджувача вимірюється термоперетворювачем опору, сигнал з якого надходить на ПЛК, з ПЛК на процесорний модуль, де опрацьовується і видає керуючий вплив на електро-пневмоперетворювач, а з нього на клапан, який встановлений на лінії подачі холодної води в охолоджувач.

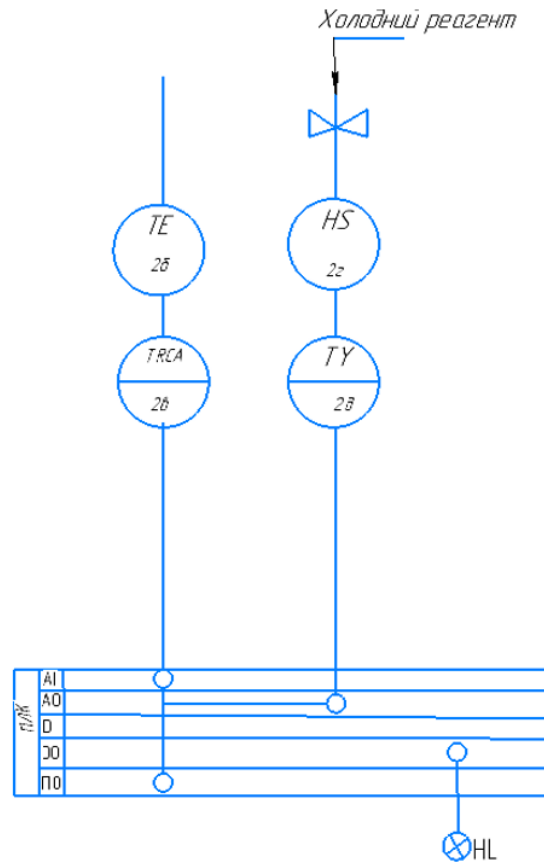


Рис. 3.4 – Контур реєстрації і контролю температури олії на виході охолоджувача

Регулювання вологості в живильниках та пресах

Контроль за рівнем вологості в живильниках та пресах проводить датчик вологості, регулювання відбувається за рахунок вентиляторів.

На рисунку 3.5 зображено контур регулювання вологості в одному живильнику, в двох інших контури подібні.

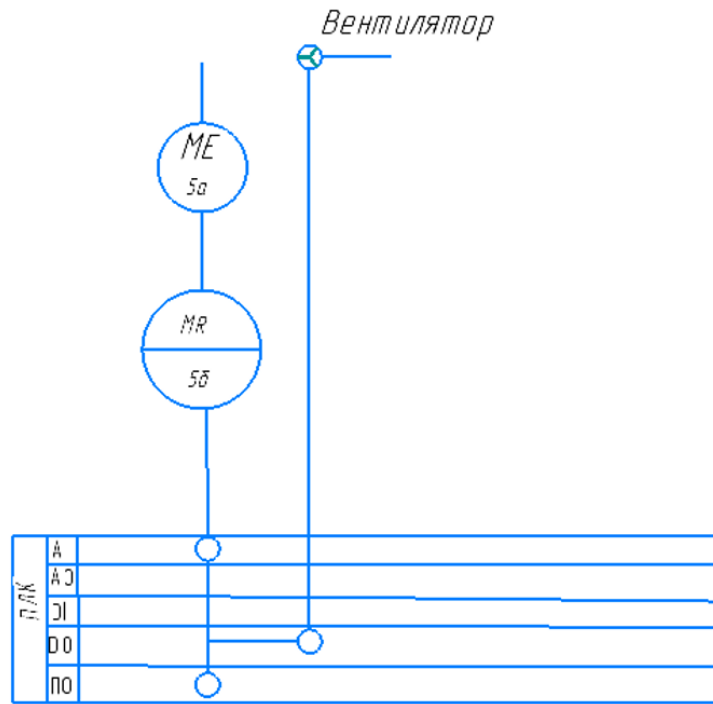


Рис.3.5 – Контур регулювання вологості в живильнику

За допомогою наведених вище контурів була розроблено функціональну схему автоматизації системи управління технологічним процесом виготовлення олії.

3.2 Алгоритми роботи

Нижче наведені алгоритми роботи системи.

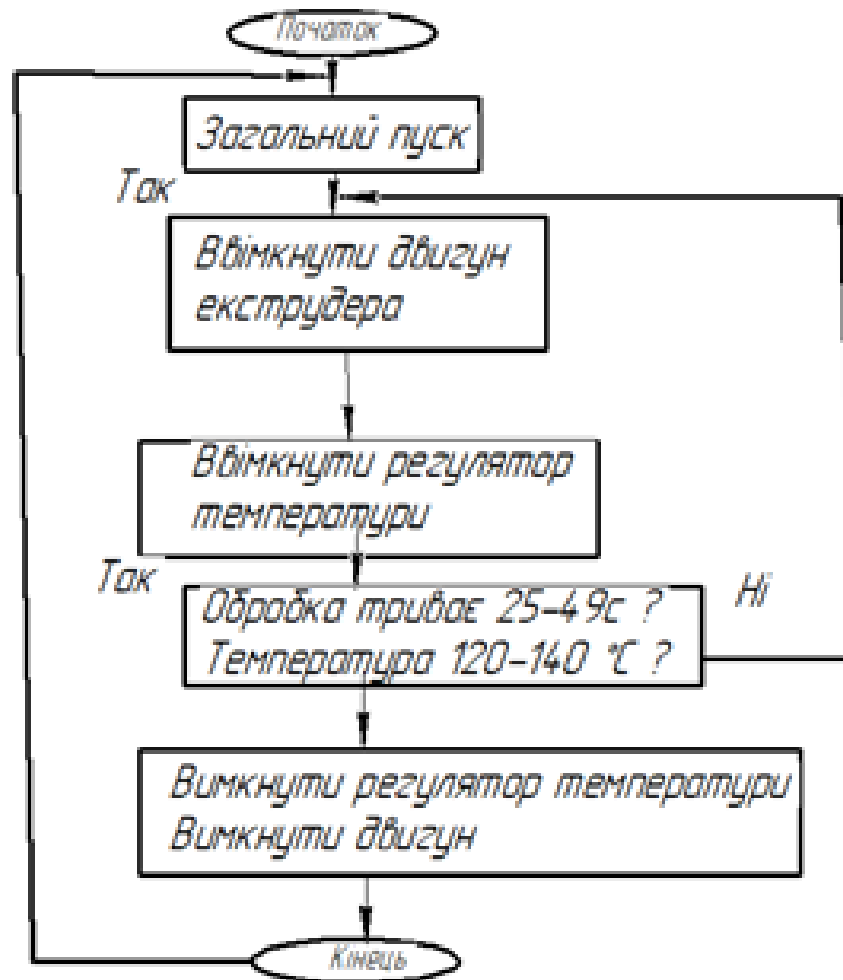


Рис.3.8 – Алгоритм управління роботою екструдера

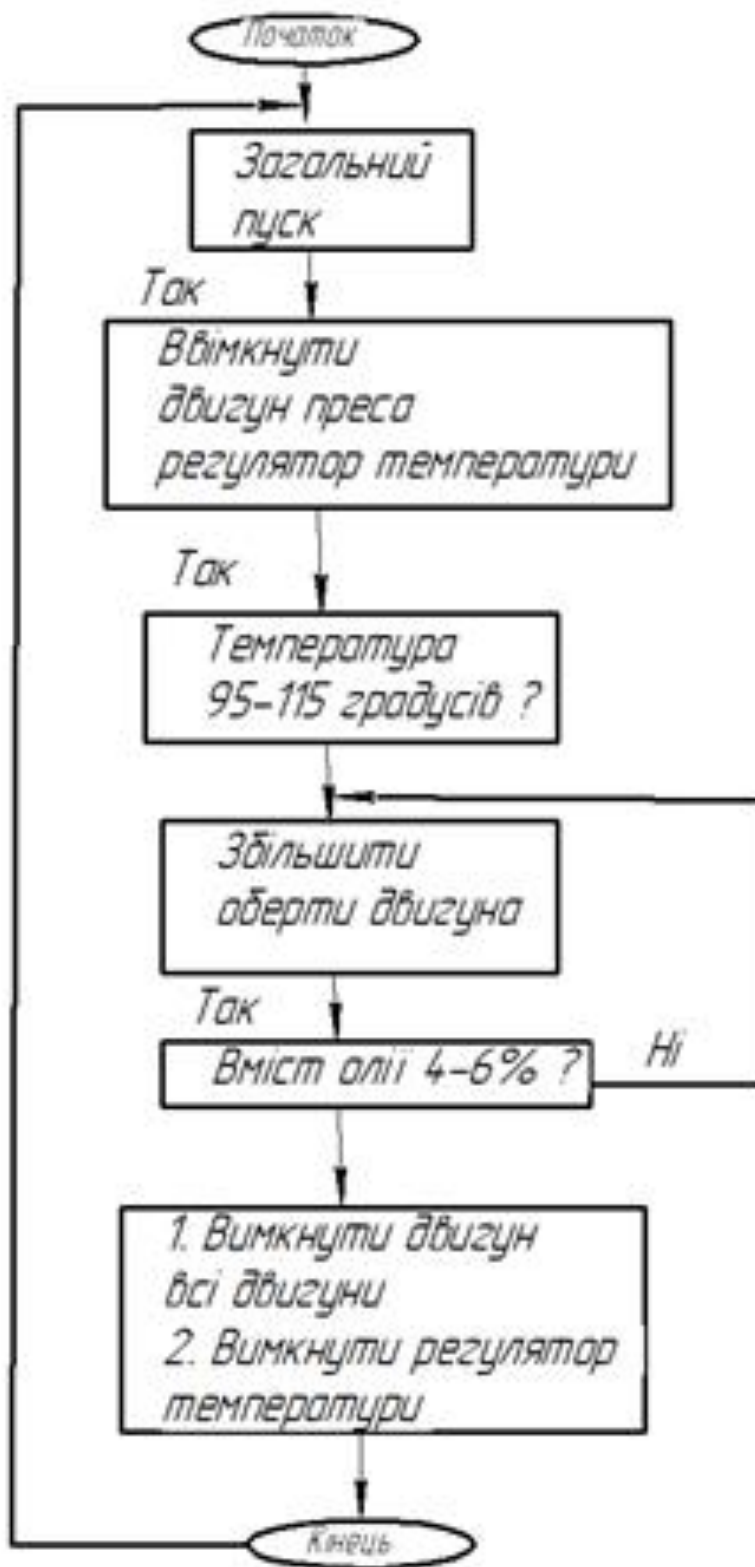


Рис.3.9 – Алгоритм управління роботою пресів

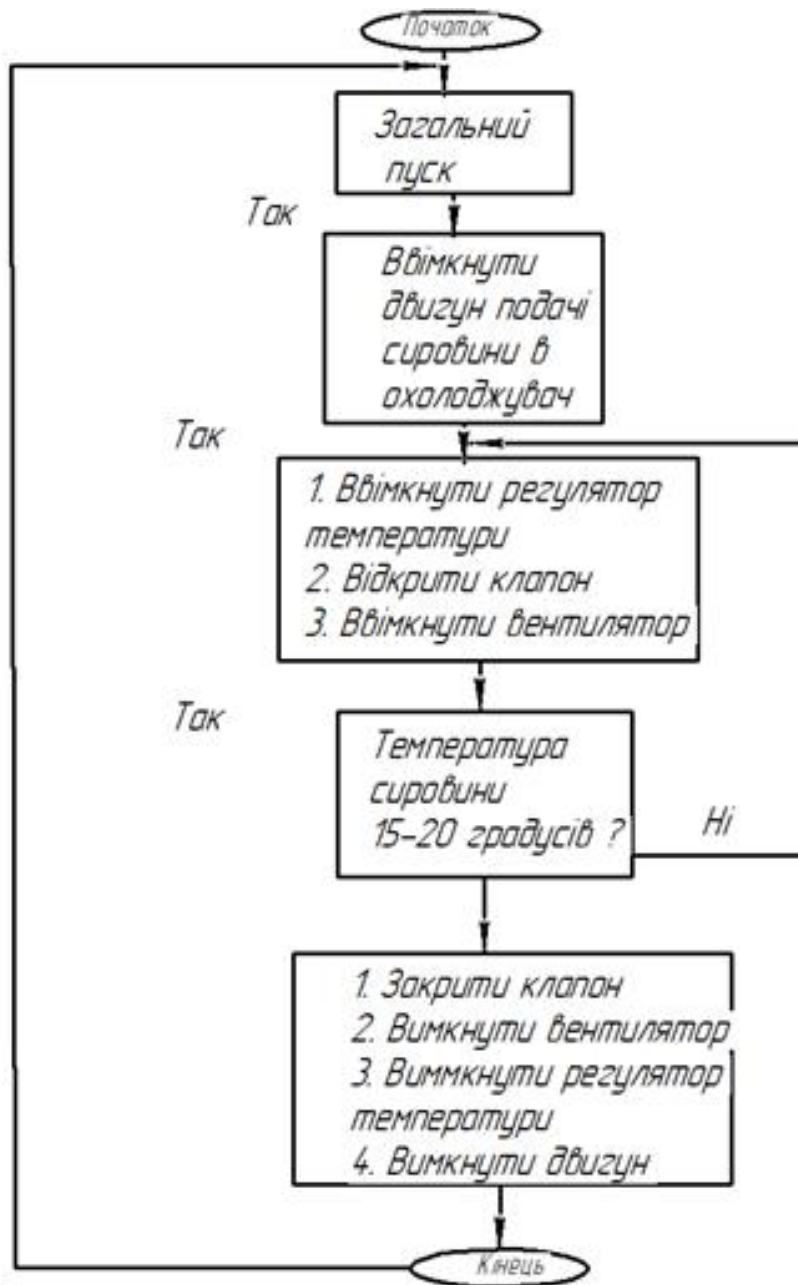


Рис.3.10 – Алгоритм керування роботою охолоджувача

4 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Згідно з розробленою функціональною схемою автоматизації проведемо вибір засобів автоматизації: датчиків, регулюючих органів, контролера.

4.1 Датчик температури

Аналіз температурного діапазону для всіх етапів виробництва соняшникової олії не перевищує $0^{\circ}\text{C} \dots 250^{\circ}\text{C}$. Тому цей факт є одним з основних критеріїв при виборі датчика температури. Другим критерієм є точність і простота конструкції.

Датчик температури Sitrans TF 2 [38] повністю відповідає всім цим критеріям.



Рис.4.1 – Термоперетворювач опору Sitrans TF2

Конфігурований Sitrans TF2 - це компактний перетворювач температури з цифровим дисплеєм і термометром опору Pt100. Пристрій призначений для відображення і контролю температури, виміряної в технологічній лінії в польових умовах, а також для дистанційної передачі сигналу вимірювальної інформації.

Технічні характеристики TF2:

- Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від $-50 \dots +200^{\circ}\text{C}$.
- Вихід: уніфікований сигнал $4 \dots 20$ мА по дротам живлення.
- Нижня (мінімум) - 3,6 мА та верхня межа струму (максимум) - 23 мА.
- Вихід захищений: від от невірної під'єднання джерела живлення за полярністю, від перевищення напруги живлення та від короткого замикання.
- Максимальний опір навантаження: $U- 12\text{V} / 0,023\text{A}$.
- Характеристика перетворення – прямо пропорційна вимірюванні температурі.

4.2 Електро- пневмоперетворювач

У цій роботі доцільним буде використання електро-пневмоперетворювача та частотного перетворювача.



Рис.4.2 – Електро-пневмоперетворювач ЕП-3211

Електропневматичний перетворювач ЕР-3211 [39] призначений для перетворення рівномірного постійного безперервного сигналу в рівномірний пропорційний пневматичний безперервний сигнал.

Технічні характеристики перетворювача ЕП-3211:

- вхідний сигнал, мА: 4-20
- основна похибка вимірювань, %: 0,5
- кліматичне виконання: УХЛ4.2
- виконання за стійкістю до навколишнього середовища: звичайне
- вихідний пневматичний аналоговий сигнал становить 20-100 кПа
- номінальний тиск повітря живлення - 140 кПа.
- температура навколишнього середовища, °С: +5...+60
- відносна вологість, %: до 80
- маса, кг, не більше: 1,0
- вхідні опори за температури (20+5) °С, Ом, не більше: 130

4.3 Перетворювач частоти Lenze 8200



Рис.4.3 – Частотний перетворювач Lenze 8200 Vector

Перетворювач частоти Lenze 8200 [40] має чудові характеристики:

- Lenze 8200 Vector здатний витримувати навантаження до 180% своєї потужності (мається на увазі проміжок часу 60 секунд).
- Робочий режим встановлюється з урахуванням векторного управління, глибини регулювання і законом управління.
- Перетворювач здатний забезпечувати економію енергозбереження до 50%. Також він регулює швидкість у техпроцесах, які раніше не піддавалися регулюванню.

4.4 Клапан пневматичний

Пневматичні клапани зазвичай використовуються там, де неможливо використовувати електромагнітний привід або де технологічне середовище є абразивним, корозійним або занадто обмеженим для використання електромагнітних клапанів. Серед поданих на ринку пневматичних клапанів було обрано клапан ASCO E290A016.



Рис.4.4 – Клапан пневматичний ASCO E290A016 G1 1/4" PN6

Технічні характеристики:

Робоче середовище	Вода, газ, повітря, пара та ін.
Номінальний діаметр DN(ДУ)	32
Номінальний тиск PN(PY)	6
Різьба в дюймах	1 1/4
max.t робочого середовища	+184
min.t робочого середовища	-10
Напрямок потоку в клапані	1-2

4.5 Датчик вологості

Для вимірювання вологості будемо використовувати датчик ДВТ-001.



Рис.4.5 – Датчик вологості і температури ДВТ-001

Датчик ДВТ-001 [41] використовує елемент НН4xxx як аналоговий чутливий елемент для вимірювання вологості. Датчик вологості/температури призначений для перетворення відносної вологості і температури газового середовища (за винятком агресивних газів) в стандартні електричні сигнали. Його технічні характеристики наступні:

- аналогове напруга (виміряне значення напруги на датчику вологості);
- I2C - цифрові датчики;
- напруга 0-10 - для цифрових і аналогових датчиків;
- ток 4-20мА - для цифрових і аналогових датчиків;
- опір (значення температури з датчика температури Pt100, Pt500 або Pt1000) - для аналогових датчиків;
- RS485 (Протокол ModBus RTU) - для цифрових датчиків.

4.6 Терморегулятор

Терморегулятор ОВЕН ТРМ201-аналог ОВЕН ТРМ1 з інтерфейсом RS-485. Застосовується для вимірювання, реєстрації або регулювання температури теплоносіїв і різних середовищ в холодильній техніці, сушильних шафах, печах різного призначення, пастеризаторах і іншому технологічному обладнанні, а також для вимірювання інших фізичних параметрів (ваги, тиску, вологості і т. п.).

Прилад випускається в 4-х типах корпусів: настінному Н, щитових Щ1, Щ2 і новому ергономічному корпусі Н2.

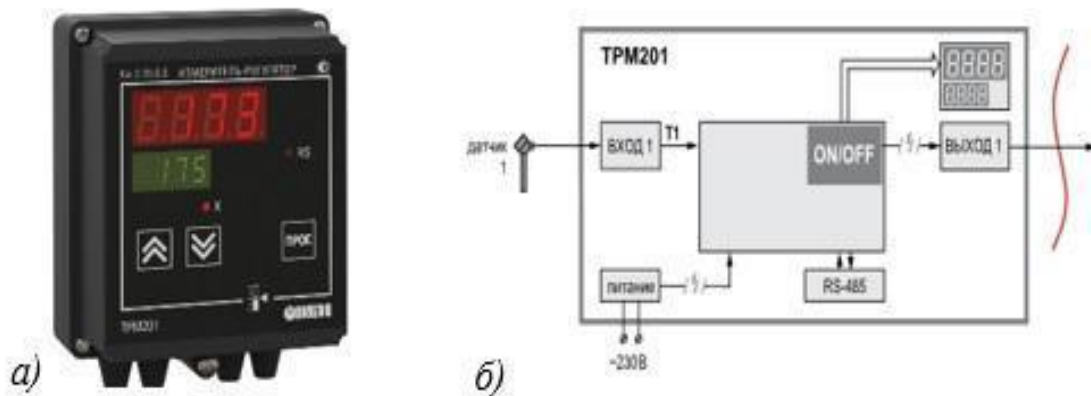


Рис. 4.6 – Зовнішній вигляд а) та функціональна схема терморегулятор ОВЕН ТРМ201 б)

Функціональні можливості вимірювача-регулятора ОВЕН ТРМ201:

- Універсальний вхід для підключення широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості та ін.
- Цифрова фільтрація і корекція вхідного сигналу, масштабування шкали для аналогового входу.
- Реєстрація вимірної величини при установці на виході ЦАП 4... 20 мА (модифікація ТРМ201-х. і).
- Обчислення та індикація квадратного кореня з вимірюваної величини (наприклад, для регулювання миттєвої витрати).
- Вбудований інтерфейс RS-485 (протокол ОВЕН, Modbus ASCII / RTU).

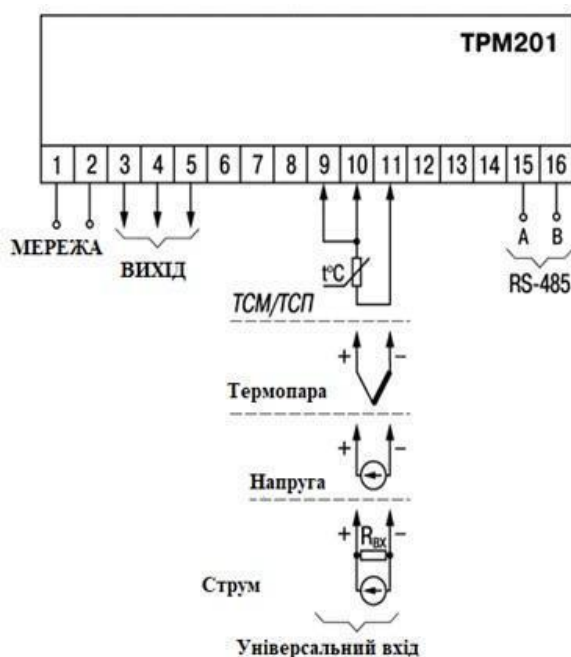


Рис.4.7 – Загальна схема підключення

4.7 Програмований логічний контролер

Виходячи з потреб необхідної кількості вхідних та вихідних каналів, обираємо програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160-220.А-М.



Рис. 4.8 – ОВЕН ПЛК 160-220.А-М

Технічні характеристики:

Робоча температура	-10°C ~ +55°C
Інтерфейси (порти)	Ethernet RS232 RS485 USB
Вхідна напруга (U вх.), В	220 В
Протокол передавання даних	DCON GateWay (CoDeSys) Modbus TCP/RTU/ASCII ОВЕН
DI (дискретний вхід)	16
DO (дискретний вихід)	12
АО (аналоговий вхід)	4
АІ (аналогове вихід)	8

Контролер PLC 160-220.A-M [37] призначений для створення автоматизованих систем управління технічним обладнанням в енергетиці, на транспорті, в тому числі залізничному, в різних галузях промисловості, житлово-комунальному господарстві та сільському господарстві.

Логіка роботи контролера OVEN PLC 160-220.A-M визначається споживачем під час програмування контролера. Програмування виконується за допомогою програмного забезпечення CODESYS 2.3, підтримуються всі мови програмування, зазначені в IEC 61131-3.

Документація для програмування контролера і запуску програмного забезпечення CODESYS міститься на компакт-диску, що входить в комплект поставки. Контролер PLC 160-220.A-M може використовуватися наступним чином:

- спеціалізований пристрій управління виділеним локалізованим об'єктом;
- пристрій моніторингу локалізованого об'єкта в складі комплексної інформаційної мережі;
- спеціалізований пристрій управління та моніторингу групою локалізованих об'єктів у складі комплексної інформаційної мережі.

4.8 Модуль розширення сигналів контролера

Через те, що недостатньо портів аналогових входів для нашої технічної задачі, потрібно використовувати додатковий модуль розширення сигналів. Вибираємо модуль MB110. Ці модулі призначені для вимірювання уніфікованих аналогових сигналів вбудованими аналоговими входами, перетворення вимірних величин значення фізичної величини і подальшої передачі цього значення по мережі RS-485.



Рис.4.9 – Модуль MB110

Особливості:

- Індивідуальна конфігурація для кожного входу
- Діагностика стану підключених аналогових датчиків
- Автоматичне визначення протоколу (лише MB110-8AC)
- Знімні клемники з невиспадаючими гвинтами
- Універсальне живлення (=24 В або ~230 В) (тільки для MB110-2AC)
- Оновлення вбудованого програмного забезпечення за RS-485
- Підтримка хмарного сервісу OwenCloud (при використанні мережевого шлюзу ПМ210)

4.9 Панель оператора

Графічна панель оператора ОВЕН призначена для об'єктів автоматизації з невеликим набором параметрів.



Рис.4.10 – Панель оператора ОВЕН

Основні функції:

- Робота в мережі RS-485 і RS-232 у режимі Master, Slave
- Сумісність із контролерами різних фірм-виробників
- Підтримка універсального протоколу Modbus RTU
- Монохромний графічний РК-дисплей з роздільною здатністю 192x64 пікселя і з підсвічуванням
- Читання та редагування значень параметрів і передавання їх у мережу
- Захист за допомогою пароля від несанкціонованої зміни значень параметрів і переходу на інший екран
- Напряга живлення - 24 В постійного струму

4.10 Блок живлення

Блок живлення призначений для живлення стабілізованою напругою 24В вільно програмованих контролерів ПЛК, панелі оператора та модулів вводу/виводу з Ethernet Mx210.



Рис.4.11 – Блок живлення ОВЕН

Особливості та переваги:

- Вбудоване вихідне реле (DC OK) для передавання стану БЖ пристрою верхнього рівня або сигналізації.
- Можливість паралельного під'єднання двох блоків живлення (для резервування) без додаткових пристроїв.
- Регулювання вихідної напруги: $\pm 8\%$.
- Розширений температурний діапазон роботи: $-40\dots+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.11 Інтерфейс зв'язку

На рисунку 3.19 наведено приклад структури з'єднань при використанні обраного програмованого логічного контролера

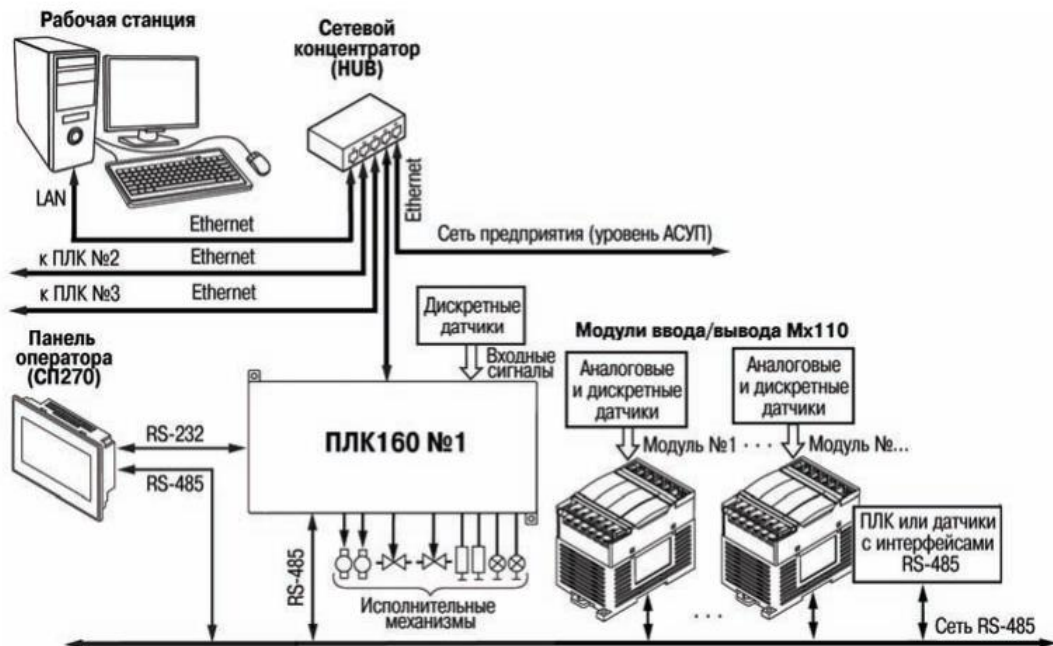


Рис.4.12 Приклад структури зв'єднань при використанні контролера в системі управління

Перед використанням контролер ОВЕН ПЛК 160-220.А-М необхідно запрограмувати, тобто створити призначену для користувача програму. Після створення користувацька програма може бути збережена в енергонезалежній Flash-пам'яті контролера і запускатися на виконання після включення живлення або перезавантаження. Програмування здійснюється за допомогою ПЗ CODESYS 2.3. Для зв'язку з середовищем програмування CODESYS може використовуватися один з інтерфейсів контролера: Debug RS232, USB-Device або Ethernet.

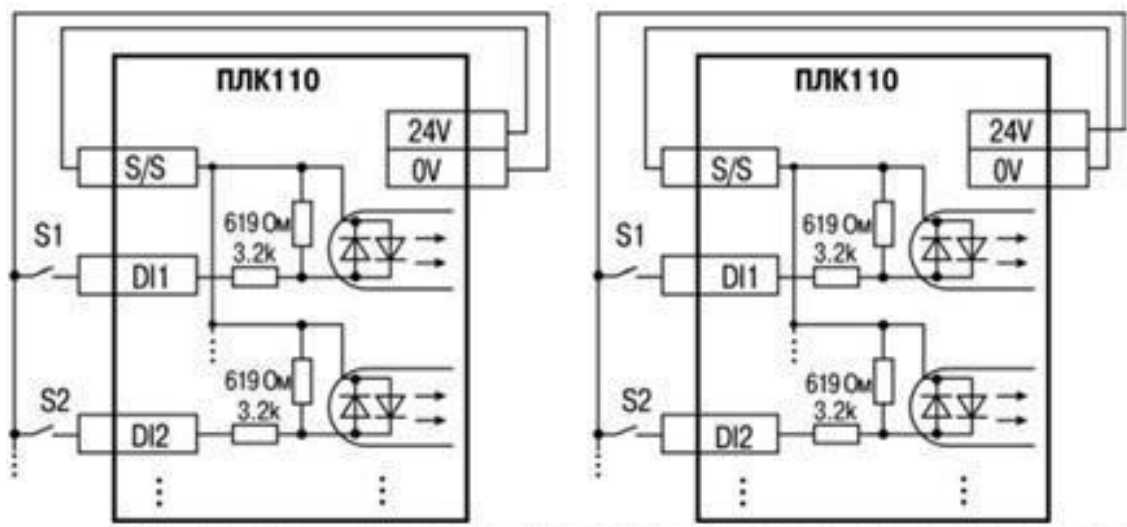


Рис. 4.12 – Схема підключення контактних датчиків (S1-Sn) до входів ПЛК 160-220.А-М

На рис. 3.20 наведено приклад підключення контролера до ПК для програмування через інтерфейс Debug RS–232. При цьому використовується кабель програмування KC14, що входить в комплект поставки. Кабель включається в гніздо (Debug RS–232), розташоване на лицьовій панелі

контролера. Відповідна частина кабелю підключається до COM-порту ПК. Підключення ОВЕН ПЛК 110–60 до ПК через порт USB-Device здійснюється стандартним кабелем типу USB a-USB B, що не входять в комплект поставки. Довжина кабелю не повинна перевищувати 1,8 м.

4.12 Реалізація SCADA системи

Завданням реалізації системи автоматизації процесу є інтеграція програмних засобів із структурою технічних засобів. Інструментом такої інтеграції є використання SCADA-систем, які здійснюють збір інформації з контролерів середнього рівня. В результаті обробки цієї інформації формуються керуючі впливи для оптимізації параметрів процесу, що відповідають вибраним критеріям керування. Верхній рівень SCADA-системи отримує інформацію, яка необхідна для аналізу і прийняття рішень оперативним і технологічним персоналом.

SCADA-система є складним програмним продуктом, що зазвичай розробляється під певний об'єкт, має індивідуальний графічний інтерфейс і встановлюється на промисловий комп'ютер (ПК). Проектування SCADA-системи починається з розробки та налаштування її окремих модулів. Першим модулем, з якого рекомендується починати розробку, є графічний інтерфейс (рис. 4.13), який є основою АРМ (автоматизованого робочого місця) – оператора і будується на базі НМІ (людино машинного інтерфейсу).

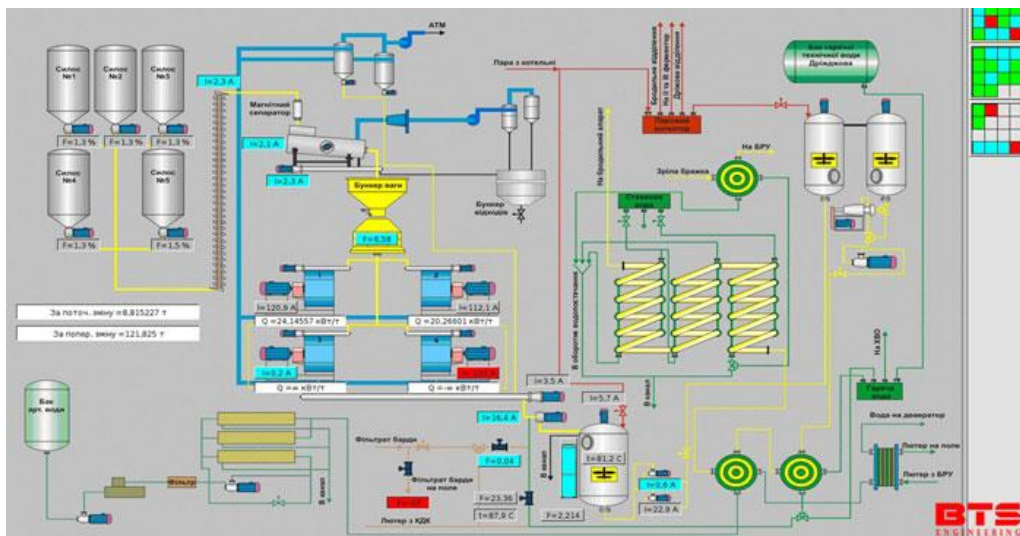


Рис. 4.13. Приклад SCADA-системи

Наявність візуального представлення проекту дозволяє сформулювати засади організації зв'язку між SCADA-системою і нижнім рівнем системи. Використовуючи програмне забезпечення Owen Process Manager (OPM), можна організувати зв'язок між первинними перетворювачами різних типів і ПК.

Ця периферія підключається через перетворювачі інтерфейсів ОВЕН АС2, АС2-М, АС3-М, АС3, АС4 ОВЕН. При запуску програми OPM здійснюється тестування робочого комп'ютера і автоматично визначаються вільні COM-порти, до яких через адаптер інтерфейсу можуть бути

підключені периферійні прилади. Інформація по COM-портах виводиться на екран ПК в головному вікні програми. Вибір адаптера інтерфейсу залежить від типу інтерфейсу цих приладів. До одного COM- порту можна підключити тільки один адаптер інтерфейсу.

Для підключення до ПК приладів з інтерфейсом «струмова петля» використовуються: ОВЕН АС2-М – перетворювач інтерфейсу «струмова петля» / RS–485, через АС2 прилад підключається до комп’ютера безпосередньо; ОВЕН АС3-М – автоматичний перетворювач RS–232 / RS–485. Приклад підключення адаптера інтерфейсу дано на рис. 3.26



Рис. 3.26 Схема підключення приладів з інтерфейсом «струмова петля» до ПК через перетворювач ОВЕН АС2, ОВЕН АС3-М

Через перетворювач АС2-М первинний перетворювач підключається до мережі RS–485, яка, в свою чергу, через адаптер АС3-М, АС3 або АС4 може бути підключена до ПК. До ПК можна підключити до восьми приладів ОВЕН типу ТРМ1-РіС, ТРМ38. Для цього треба використовувати перетворювач ОВЕН АС 4 (рис. 3.27). Максимальна кількість каналів відображення для одного порту дорівнює 64.

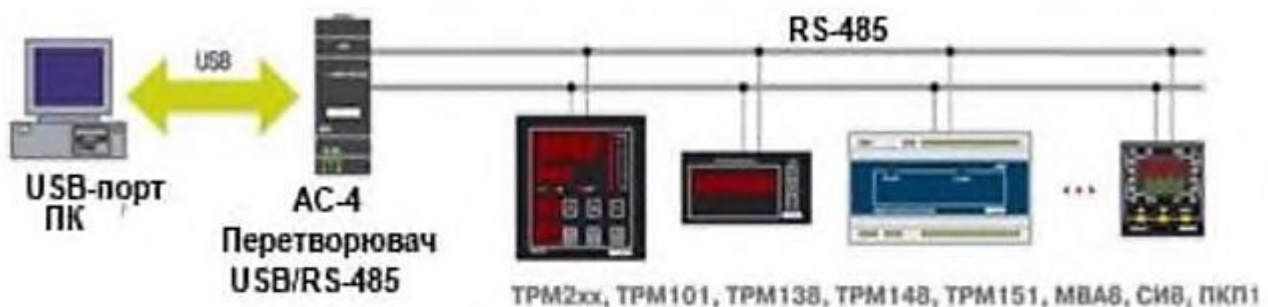


Рис. 3.27 Схема підключення пристрою автоматизації

Схема підключення приладів з інтерфейсом RS–485 до ПК через перетворювач USB / RS–485 ОВЕН АС4. До кожного перетворювача АС2-М підключається один прилад типу ТРМ1-РіС, ТРМ38, МПР51 і т.і. Максимальна кількість каналів відображення для одного порту дорівнює 256.

При запуску ОРМ на екрані з'являється її головне вікно, в якому користувач створює схему технологічного процесу, тобто створене раніше візуальне представлення проекту. При цьому в меню налаштувань задається: тип адаптера, що підключається до інтерфейсу; типи адаптерів, що підключаються до інтерфейсу пристроїв ОВЕН; параметри опитування пристроїв комп'ютером.

При роботі з адаптером інтерфейсу АС2 необхідно вказати канал адаптера, до якого підключений прилад ОВЕН, і вказати тип цього приладу, вибравши його з пропонованого програмою списку. Для приладів, що підключаються через перетворювач RS-232 / RS-485 або USB / RS-485, задається мережева адреса підключеного пристрою ОВЕН, який попередньо вводиться в прилад при його програмуванні. При завданні *параметрів опитування* задається цикловий час опитування давачів. Цей час визначається кількістю давачів та спроможністю ПЛК зібрати дані за виділений час циклу. Запуск процесу на функціонування можливий після запису конфігурації в файл. Ініціація здійснюється кнопкою панелі приладу або програмно. Поточні значення параметрів процесу відображаються на екрані головного вікна.

Таким чином ОРМ SCADA системи надає наступні можливості:

- візуалізація схеми технологічного процесу на ПО;
- відображення поточних показань на екрані ПК
- збір та первинна обробка інформації, що надходить з нижнього рівня до ПК;
- контроль стану пристроїв, що функціонують в системі;
- вибірковий контроль обраного каналу керування;
- архівація даних про роботу обладнання та виконавчих механізмів;
- сигналізація про невідповідність параметрів процесу до регламенту;
- взаємодія з підсистемою Owen Report Viewer (ORV), забезпечує доступ до архівів.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Математична модель

Робоча зона преса для соняшникової олії складається з основного корпусу, двох шнеків і нагрівального елемента. Ефективність роботи преса і вихід готового продукту залежать від початкової температури сировини і температури навколишнього середовища.

Теплова енергія, що генерується ТЕНами, використовується для нагрівання корпусу преса (тепловий приріст), частково передається сировині в корпусі преса, а частково - навколишньому середовищу (зовнішньому повітрю) за допомогою теплопровідності і теплової конвекції. Тепло передається від рухомої сировини до поверхні шнека і використовується для нагрівання. Складність цього процесу полягає в тому, що інтенсивність процесу нагрівання сировини змінюється як в часі, так і в напрямку руху сировини.

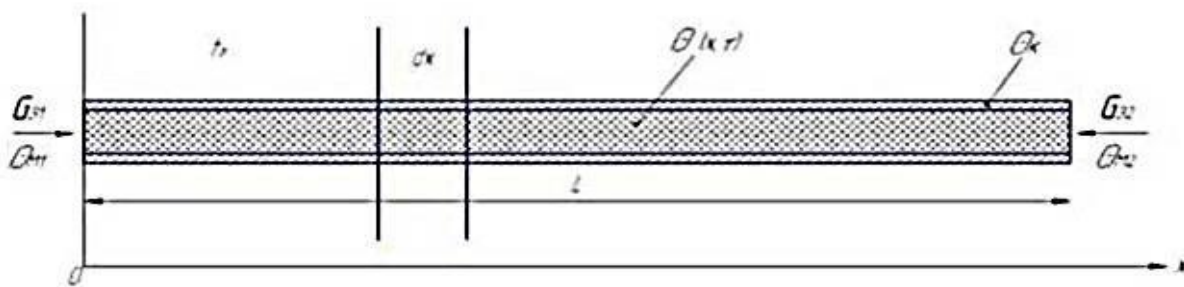


Рис. 5.1– Математичний опис досліджуваного процесу

Для отримання математичного опису динаміки процесу нагрівання в шнековому пресі зробимо такі припущення:

- температурний градієнт в радіальному напрямку відсутній враховуючи те, що розігрів корпусу відбувається за рахунок індукційного розігріву;
- теплофізичні характеристики матеріалів і конструктивних елементів процесу є не змінними в часі за координатою x та не є залежними від температури;
- можна знехтувати розігрівом за рахунок теплоти, яка еквівалентна механічній енергії, яка витрачається на пресування та переміщення матеріалу; коефіцієнти теплообміну і теплопередачі не є температурозалежними і в часі не змінюються;
- не береться до уваги температурний градієнт при теплопередачі теплопровідністю в радіальному та осьовому напрямках в корпусі та потоці матеріалу;
- приймемо також одномірний розподіл теплоти в напрямку руху матеріалу (вісь x).

Щоб зменшити порядок рівняння, розглянемо теплоємність шнека по відношенню до теплоємності матеріалу. Слід використовувати наступні позначення:

$\cup_m (|, x)$ - температура оброблюваного матеріалу, $^{\circ}\text{C}$; $\cup_k (x)$ - температура корпусу, $^{\circ}\text{C}$, t_c - температура середовища, $^{\circ}\text{C}$; c_k m_k - теплоємність корпусу, Дж/град; c_m - питома еквівалентна теплоємність матеріалу, Дж/град, $c_m = c_m m_m + c_{sh} m_m$, (мм m_k , - маса

матеріалу в об'ємі преса і шнека, кг; c_m , c_{sh} , s_k - питома теплоємність матеріалу, шнека і корпусу, Дж/кг -град; $\langle \delta_m$, $\langle \delta_m$ - коефіцієнт тепловіддачі від корпусу до зовнішнього середовища та рухомого матеріалу, Вт/м² -град; f_3 , f_b - зовнішня та внутрішня поверхні корпусу, м²; L - довжина робочої зони преса, м; G - подача матеріалу в корпус (середня продуктивність преса), кг/с; P - потужність нагрівального елемента, Вт; $q = P/L$ - питома теплове випромінювання, Вт/м. Розглянемо елементи робочої зони преса довжиною dx . Відповідно до теплофізичної моделі процесу рівняння теплового балансу, що описує зміну температури, буде наведено для корпусу преса

$$c_k S_k p_k dx d\Theta_k = P(x) dx d\tau - \frac{\alpha_b f_b}{L} (\Theta_k - \Theta_m) - \frac{\alpha_s f_s}{L} (\Theta_k - t_s) dx d\tau$$

для оброблюваного матеріалу:

$$c_p S_m dx d\Theta_m = - \frac{\alpha_b f_b}{L} (\Theta_k - \Theta_m) dx d\tau$$

де

c_k – теплоємність корпусу екструдера, Дж/(кг·град);

S_k , S_m , – площа перетину корпусу та матеріалу, м²;

ρ_k , ρ_m , – густина корпусу екструдера та матеріалу, г/м³;

$P(x)$ – прикладена потужність нагрівачів, Вт;

L – довжина шнека, м;

$\langle \delta_b$ – тепловіддача від внутрішньої поверхні екструдера, Вт/(°C м²);

f_b – площа внутрішньої поверхні екструдера, м²;

$\langle \delta_s$ – тепловіддача від зовнішньої поверхні екструдера, Вт/(°C м²);

f_s – площа зовнішньої поверхні екструдера, м²;

Θ_c – температура корпусу, °C;

Θ_m – температура матеріалу, °C.

Розкриваючи повні диференціали / температур корпусу і матеріалу з урахуванням, що

$$\frac{d\Theta}{d\tau} = V$$

(V – швидкість руху для корпусу, $V=0$), а $Sp = G / V$, $m = SpL$. Математичний опис

теплових процесів у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} m_k c_k \frac{d\Theta_k}{d\tau} = P(x) - \alpha_b f_b (\Theta_k - \Theta_m) - \alpha_s f_s (\Theta_k - t_s) \\ m_m c_m \frac{d\Theta_m}{d\tau} + GcL \frac{d\Theta_m}{dx} = \alpha_b f_b (\Theta_k - \Theta_m) \end{cases}$$

Відносно $\Theta_k(\tau)$ і $\Theta_m(\tau)$ система рівнянь аналітичного розв'язку не має, тому для визначення динамічних температурних режимів використаємо метод наближення. Розглянемо статичні характеристики об'єкта за умови:

$$\frac{d\Theta_k}{d\tau} = 0; \quad \frac{d\Theta_m}{d\tau} = 0.$$

Системою рівнянь описується постійний режим. Визначимо розподіл температури матеріалів за довжиною робочої зони пресу.

Значення температури корпусу визначаємо з першого рівняння системи Θ_k :

$$\Theta_k = a + b\Theta_m,$$

де:

$$a = \frac{P(x) + \alpha_s f_s t_s}{\alpha_s f_s + \alpha_e f_e}; \quad b = \frac{\alpha_e f_e}{\alpha_s f_s + \alpha_e f_e}.$$

Якщо підставити значення а та b в друге рівняння системи то одержимо:

$$T_m \frac{d\Theta_m}{dx} = \alpha(x) - (1-b)\Theta_m,$$

де:

$$T_m = \frac{cGL}{\alpha_e f_e + \alpha_s f_s}.$$

Розв'язання рівняння отримуємо для граничних умов: $x \square 0, \Theta_m = \Theta_1; P(x) = P = \text{const}$ у вигляді:

$$\Theta(x) = \frac{a}{1-b} - \left(\frac{a}{1-b} - \Theta_1 \right) e^{-\frac{x}{T_m(1-b)}}$$

Розподіл температури матеріалу в робочій зоні в постійному режимі показано на рисунку 4.2 для рівня температури насіння соняшнику, що відповідає температурі навколишнього середовища 20 °С. Аналіз графічної залежності $\Theta(x)$ показує, що 1/3 робочої зони використовується неефективно. Цю ситуацію можна пояснити наступним чином.

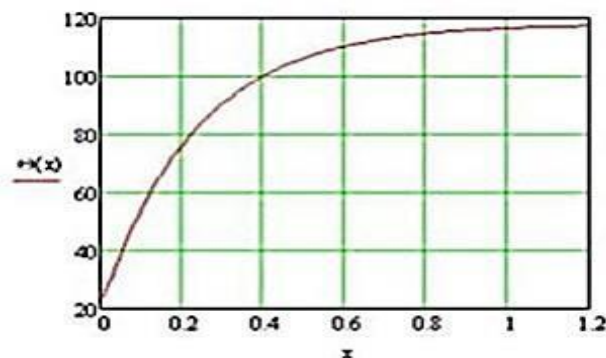


Рис. 5.2– Розподіл температури матеріалу в робочій зоні при сталому режимі $P = 10\text{кВт}$ (\square , °С; x , м.)

Для покращення теплової обробки насіння соняшнику бажано використовувати диференційовані режими.

Для пошуку можливостей підвищення ефективності роботи преса в якості першого підходу припустимо, що потужність нагрівача змінюється за експоненціальним законом

$$P(x) = P_1 \exp(-kx),$$

де P_1 – потужність в початковій зоні пресу, Вт;

k – коефіцієнт, швидкості зміни потужності, m^{-1} .

Враховуючи залежність, рівняння можна описати таким чином:

$$T_m = \frac{d\Theta(x)}{dx} + B \cdot \Theta(x) = A_1 + A_2 \cdot e^{-kx},$$

де:

$$A_1 = \frac{\alpha_s f_s t_s}{\alpha_s f_s + \alpha_s \alpha_s}; \quad A_2 = \frac{P_1}{\alpha_s f_s + \alpha_s \alpha_s}; \quad B = 1 - b.$$

Розв'язання неоднорідного рівняння за граничних умов $x=0$; $\Theta=\Theta_m$:

$$\Theta(x) = \Theta_1 e^{\frac{B}{T_m} x} + \frac{A_2}{B} \left(1 - e^{\frac{B}{T_m} x} \right) + \frac{A_1}{B - k T_m} \left(e^{-kx} - e^{\frac{B}{T_m} x} \right)$$

На рисунку 5.3 показано залежність температури матеріалу від довжини преса в умовах, коли використовується режим диференціального нагріву і підвищується рівень температури матеріалу на вході. Аналізуючи графіки з експоненціальною зміною потужності нагрівача, можна побачити, що швидкість нагріву матеріалу в початковій області зростає. З цього можна зробити висновок, що використання такого способу регулювання потужності нагрівача є ефективним.

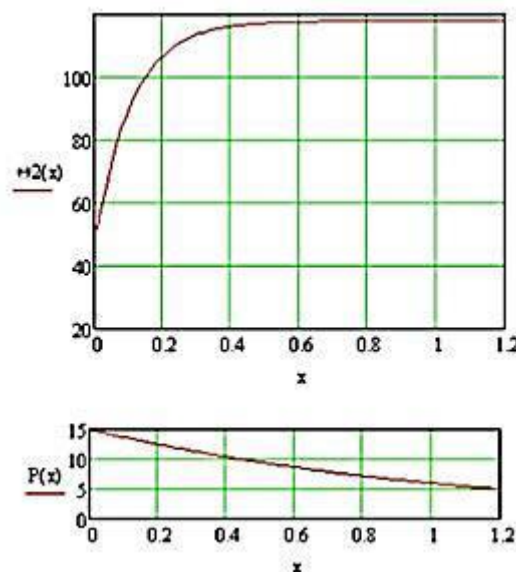


Рис. 5.3 – Розподіл температури матеріалу в робочій зоні при диференційованому режимі нагрівання (Θ , °C; P , кВт; x , м.)

5.2. Регулювання температури, вологості та олійності

Регулювання температури відбувається за рахунок контуру керування температурою. До цього контуру входять: нагрівач насіння соняшника GH1000, екструдер E-1000, датчики температури та PID регулятори.

1 Регуляція температури в нагрівачі насіння соняшника GH1000.

Сировину, що поступає в нагрівач, потрібно розігріти до 15... 20 °С, це необхідно для поліпшення виходу олії в холодну пору року. Сировина нагрівається в результаті контакту з гарячою поверхнею коробів і гарячим повітрям. Для контролю нагрівання в нагрівачі стоїть датчик температури SITRANS TF 2 призначений для вимірювання сипучих середовищ. Регулювання відбувається за рахунок електропневматичного перетворювача ЕП - 3211, що регулює температуру ТЕНів каналного нагрівача, а, отже, і температуру повітря, яке призначене для підігріву зерна. Для оптимізації процесу був добавлений PID регулятор.

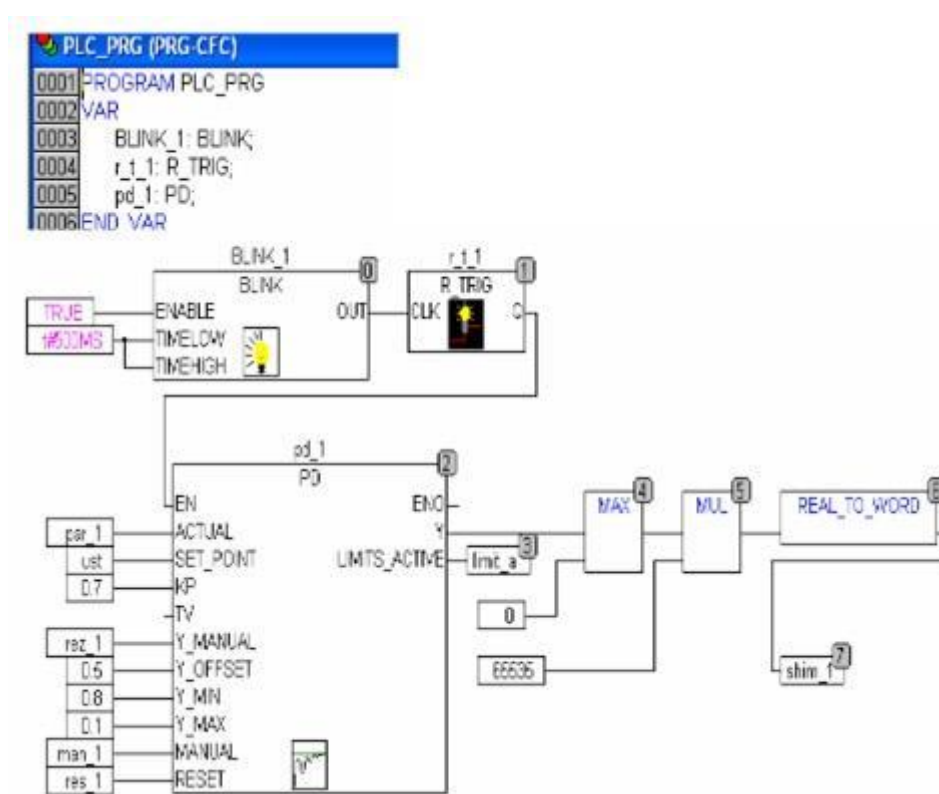


Рис. 5.4 – Програма ПД - регулятора температурою

2 Регулювання температури в Екструдері E-1000.

Сировина подається до робочого органу екструдера гвинтовим живильником (з частотним регулюванням обертів), де вона подрібнюється і стискається. Через стиснення і тертя відбувається саморозігрів сировини насіння соняшника до температури 120... 140 °С. Контролюється нагрівання датчиком температури SITRANS TF 2. Керування відбувається частотним регулятором LENZE 8200. Для оптимізації процесу був добавлений PID регулятор. Час обробки в робочому органі екструдера 25... 40 секунд.

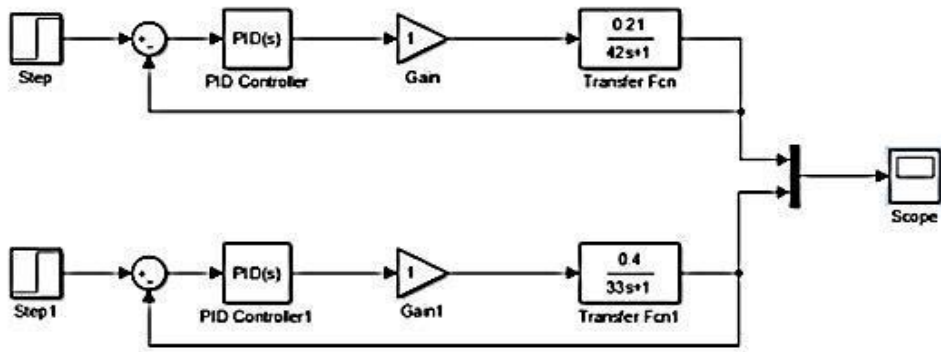


Рис. 5.5 – Модель контуру керування температурою в Matlab

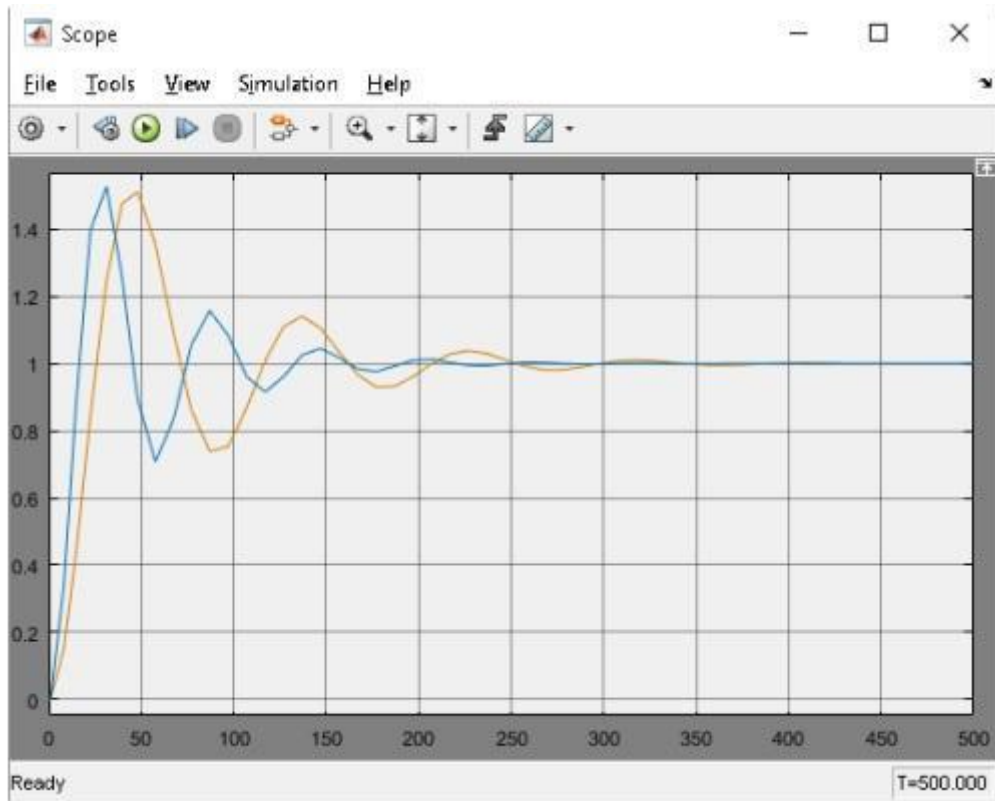


Рис. 5.6 – Графіки перехідних процесів в блоці Scope без налаштування регуляторів.

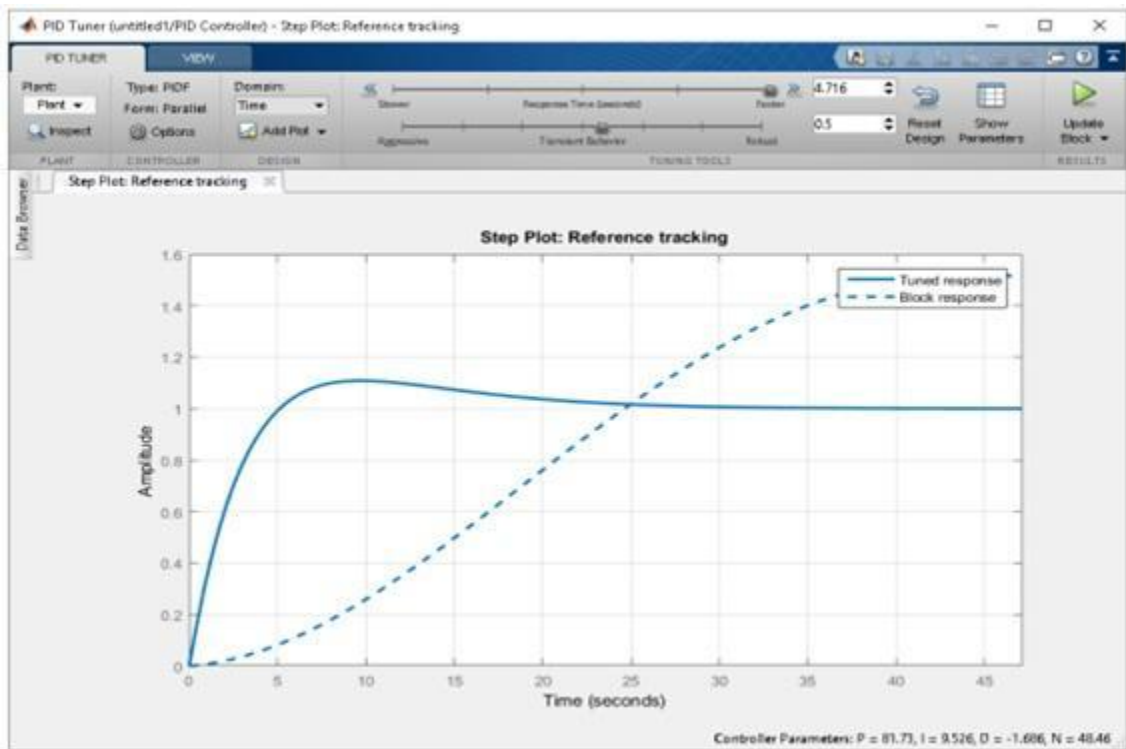


Рис. 5.7. Налаштування регулятора першого перехідного процесу

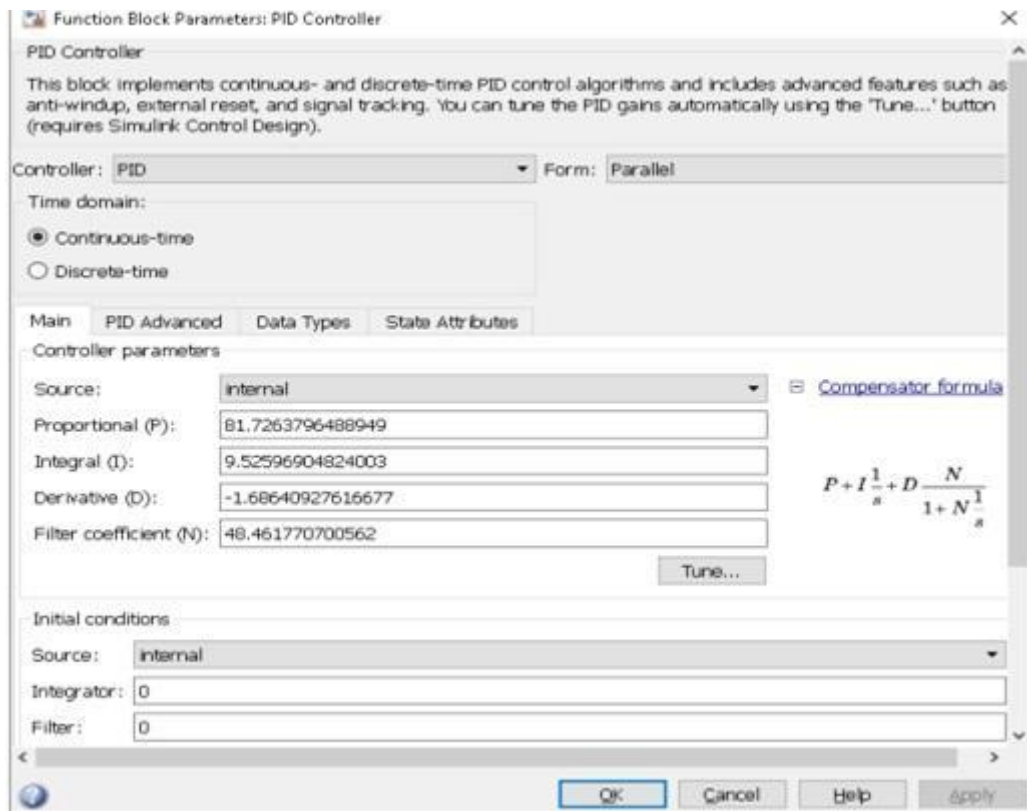


Рис. 5.8. Параметри налаштованого регулятора для першого перехідного процесу

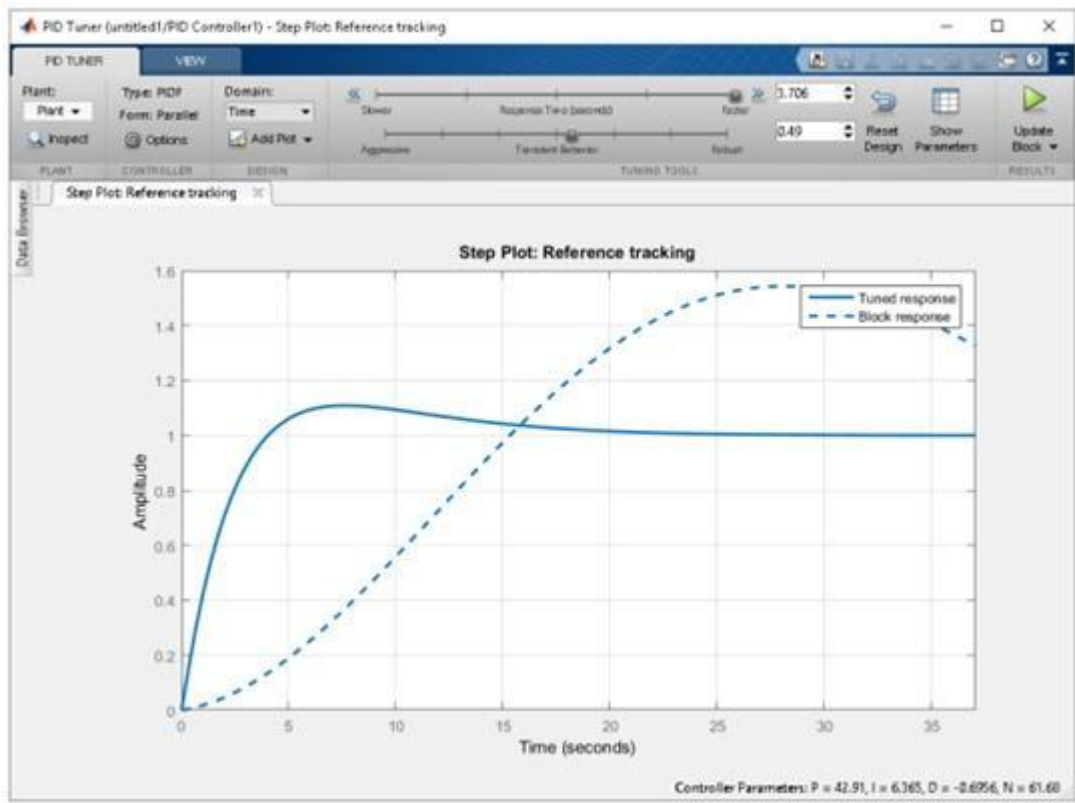


Рис. 5.9– Налаштування регулятора для другого перехідного процесу

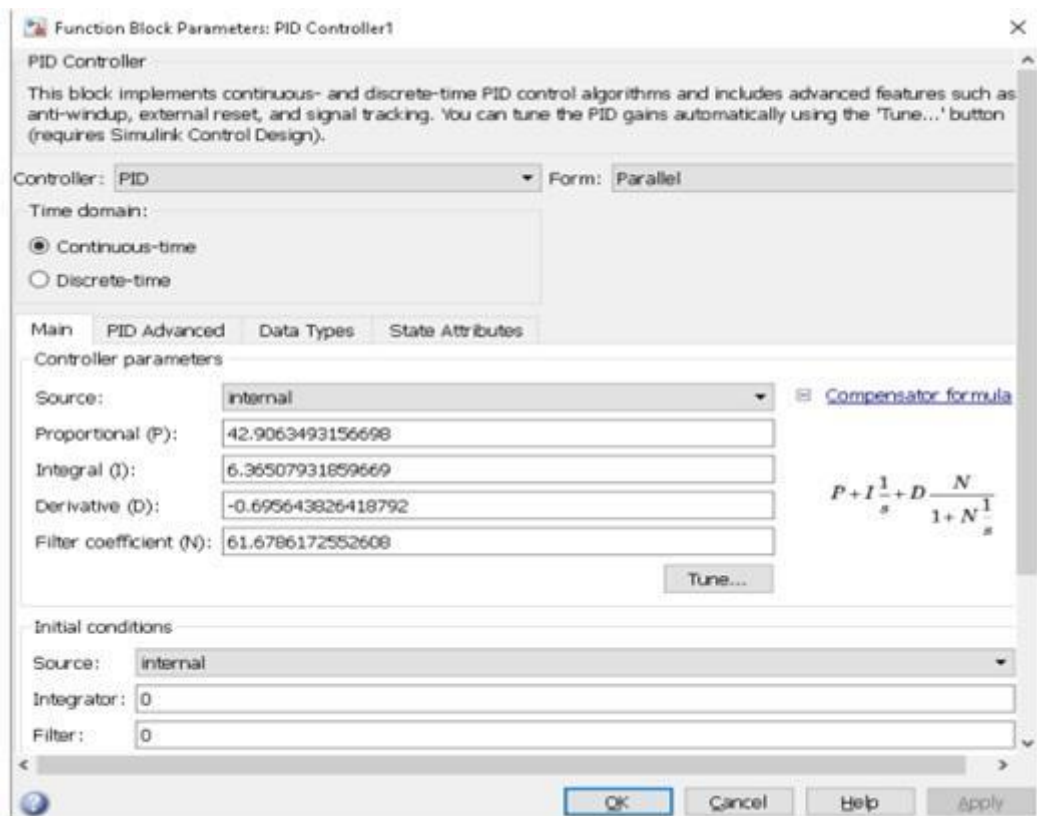


Рис. 5.10 – Параметри налаштованого регулятора для другого перехідного процесу.

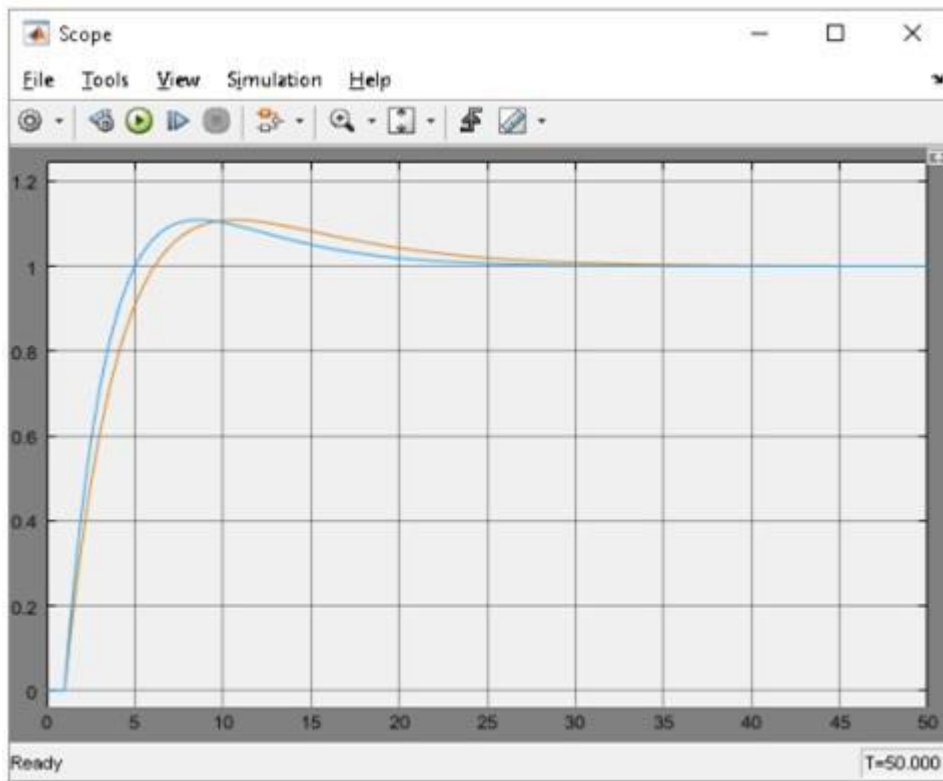


Рис. 5.11 – Графіки перехідних процесів в блоці Scope після налаштування регуляторів

Регуляція вологості відбувається за рахунок контуру керування вологістю.

До нього входять живильники SF–250, датчики вологості, PID регулятори. Контроль за рівнем вологості проводить датчик ДВТ - 001, регуляція відбувається за рахунок вентиляторів. Для оптимізації процесу були добавлені PID регулятори. Вологість підтримується на рівні до 8%.

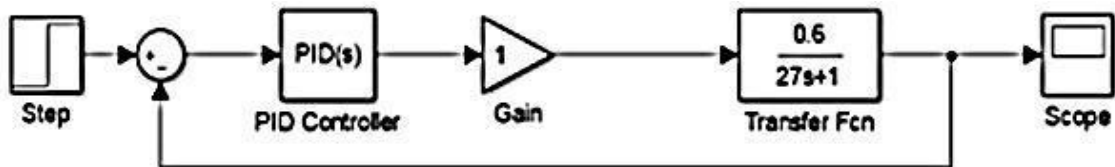


Рис. 5.12 – Модель процесу в контурі керування вологістю

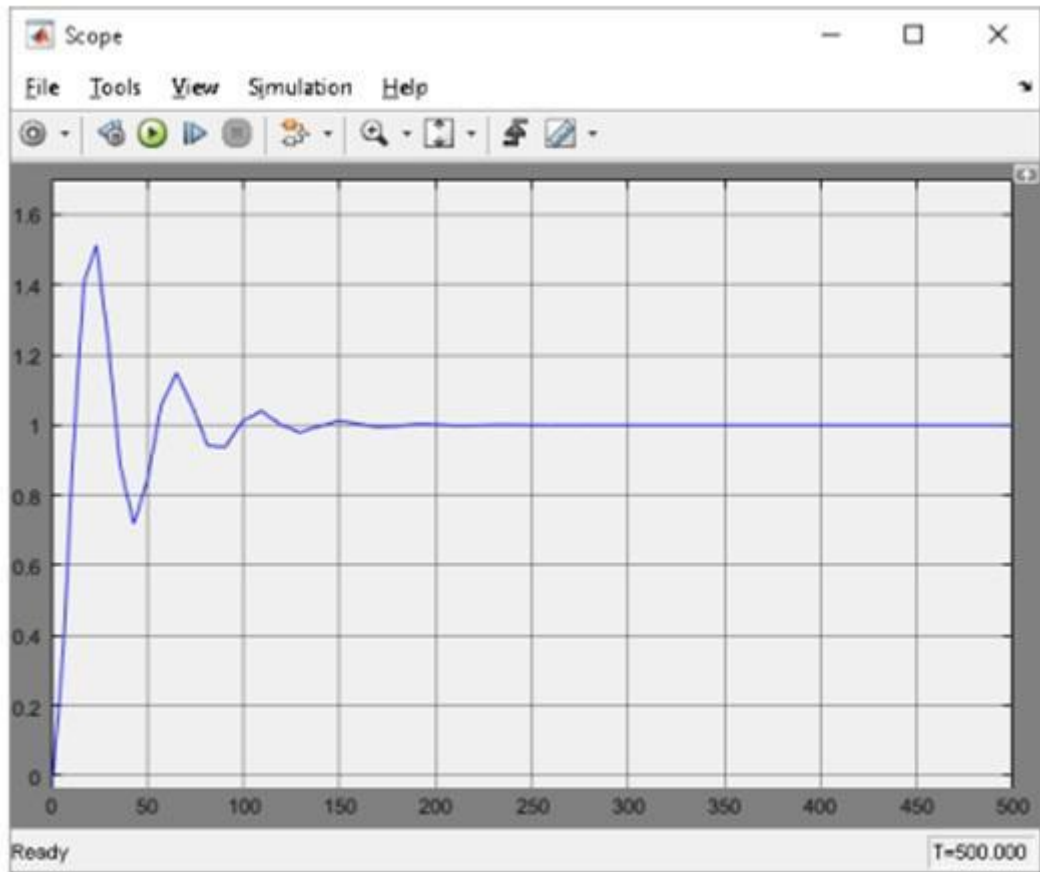


Рис. 5.13 – Графік перехідного процесу без налаштування регулятора

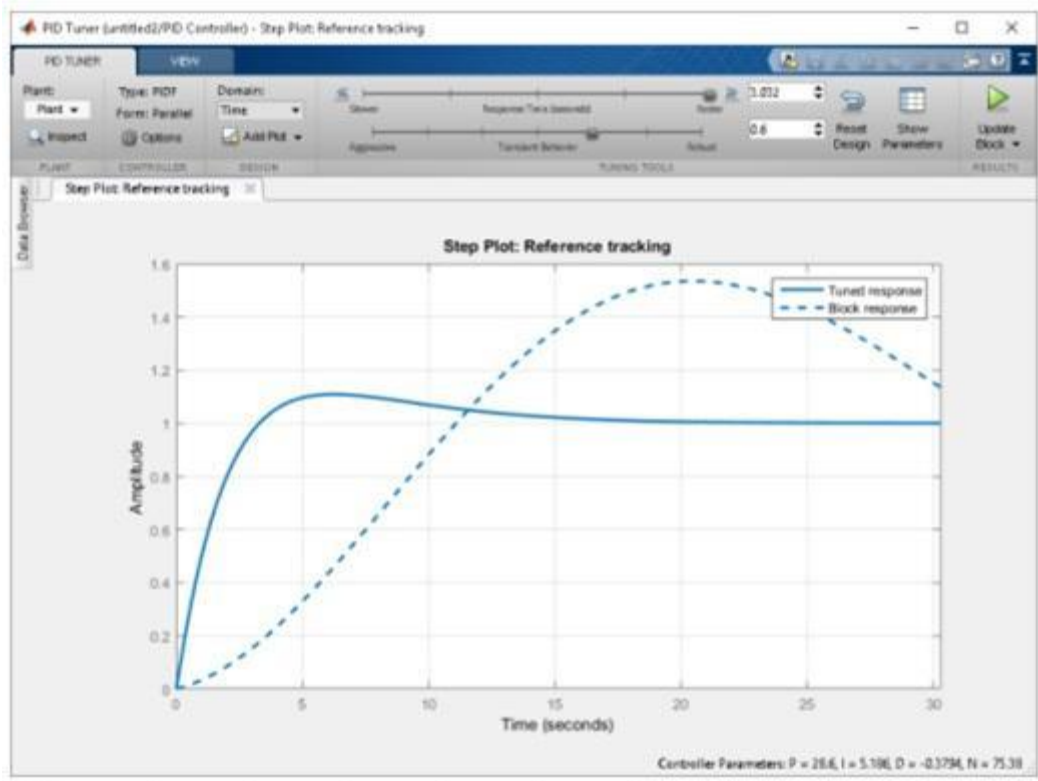


Рис. 5.14 – Налаштування регулятора для перехідного процесу

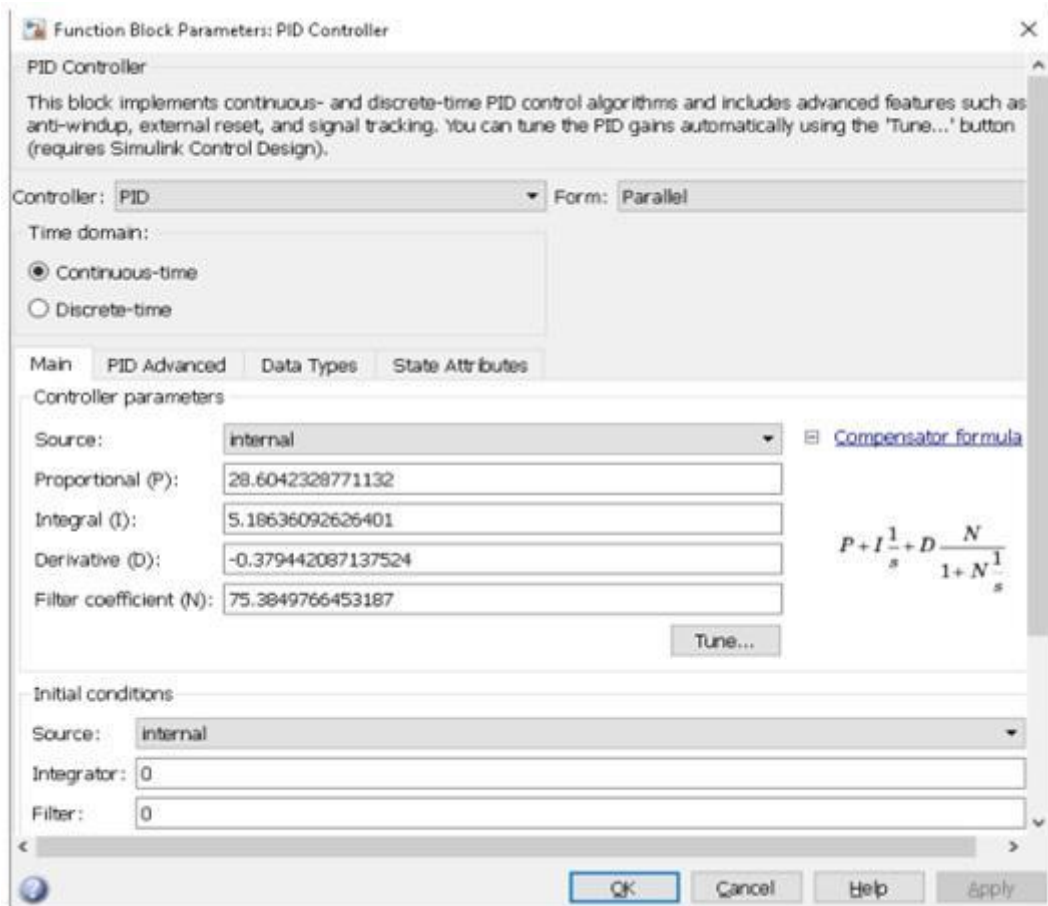


Рис. 5.15. – Параметри налаштування регулятора

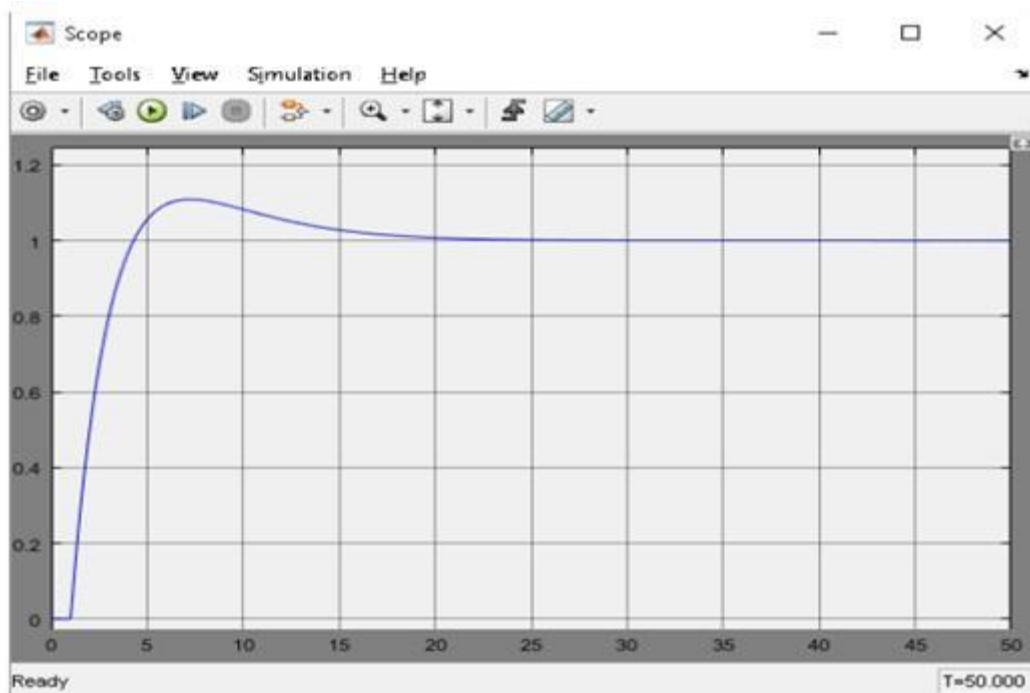


Рис. 5.16 – Графік перехідного процесу з налаштованим регулятором.

Регулювання олійності відбувається за допомогою відповідного контуру керування. До його складу входять масломіри, виконуючі органи пресів, а також PID регулятори. Контроль олійності проводиться за допомогою масломіра. Принцип вимірювання масломіра – непрямий, шляхом впливу високочастотного випромінювання, що генерується випромінюючою котушкою з

подальшим аналізом отриманої інформації і перерахунком в шукані значення вологості і олійності насіння соняшнику.

Регулювання рівня олійності відбувається за рахунок змінності інтенсивності роботи органів пресу. Для оптимізації процесу були добавлені PID регулятори.

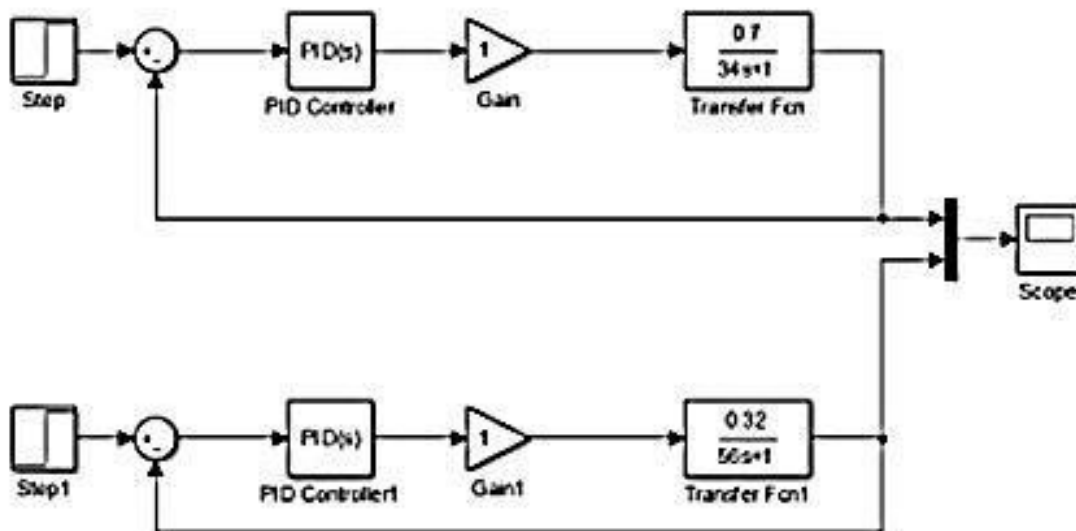


Рис. 5.17– Модель контуру керування олійності в Matlab

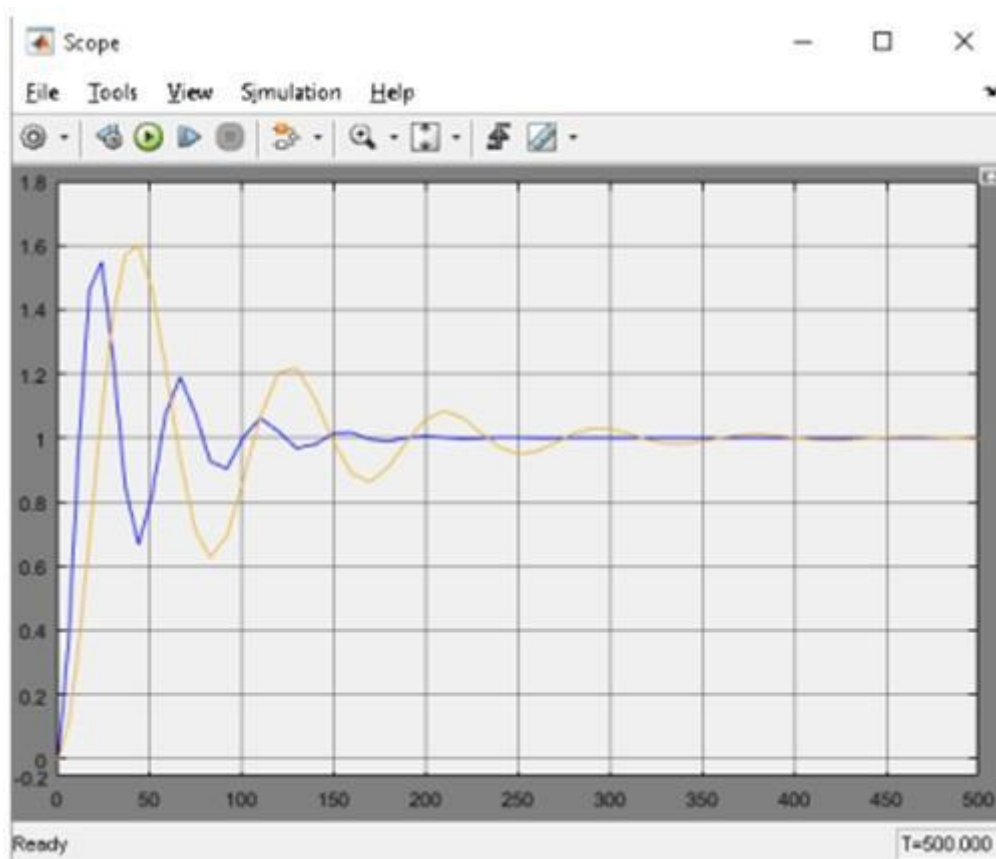


Рис. 5.18 – Графіки перехідних процесів без налаштування регуляторів

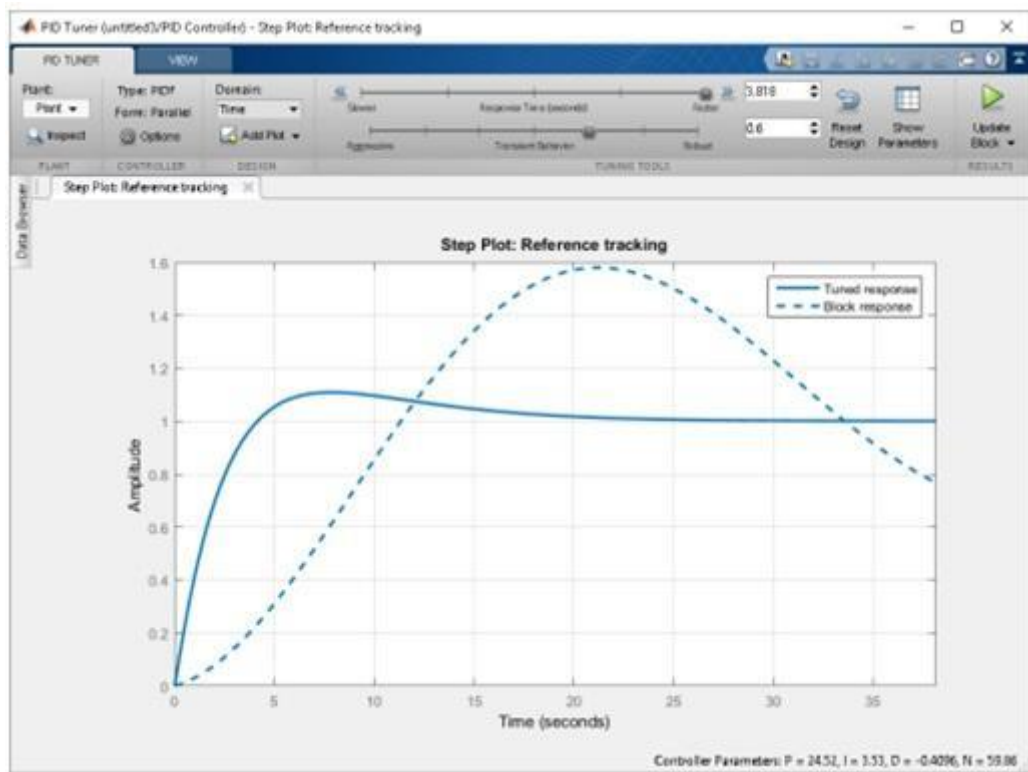


Рис. 5.19 – Налаштування регулятора для першого перехідного процесу

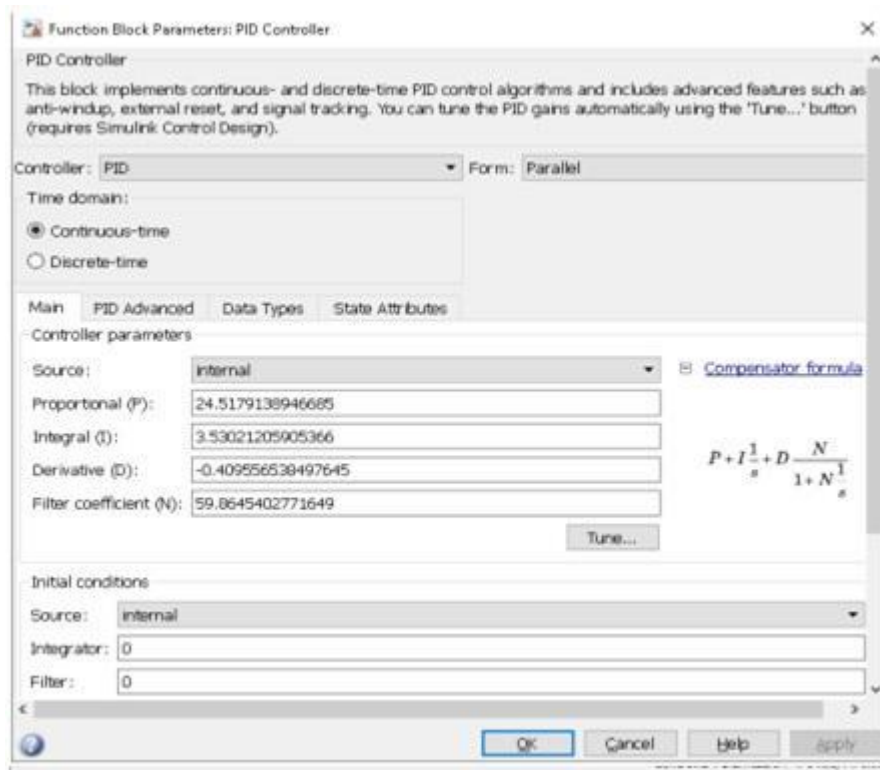


Рис. 5.20 – Параметри налаштування регулятора для першого перехідного процесу

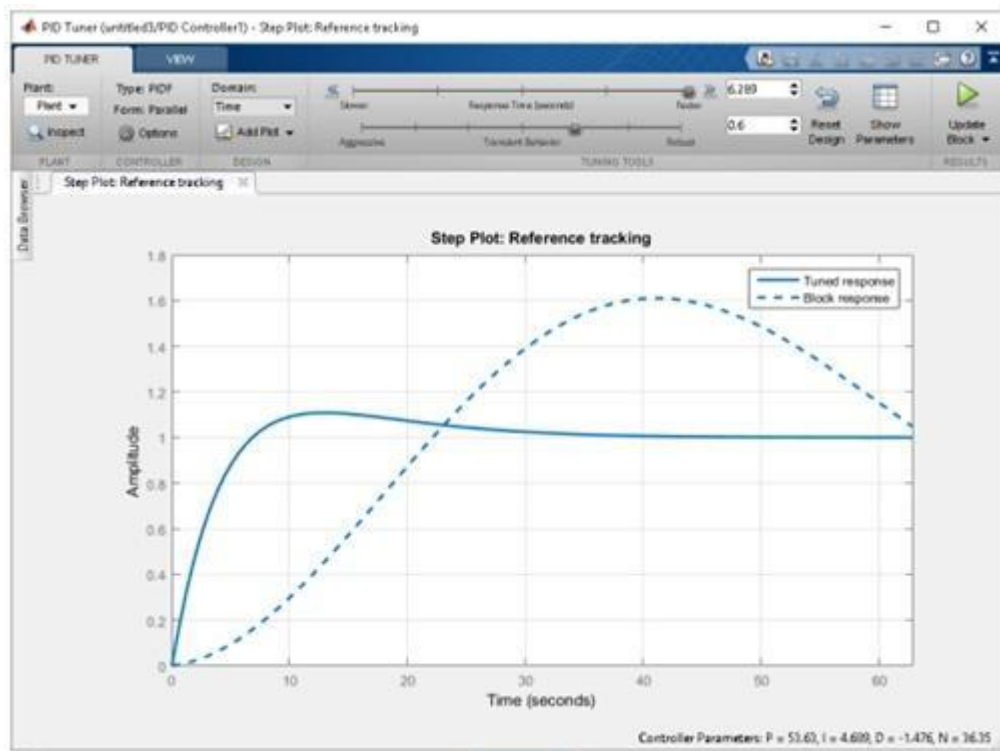


Рис. 5.21 – Налаштування регулятора для другого перехідного процесу

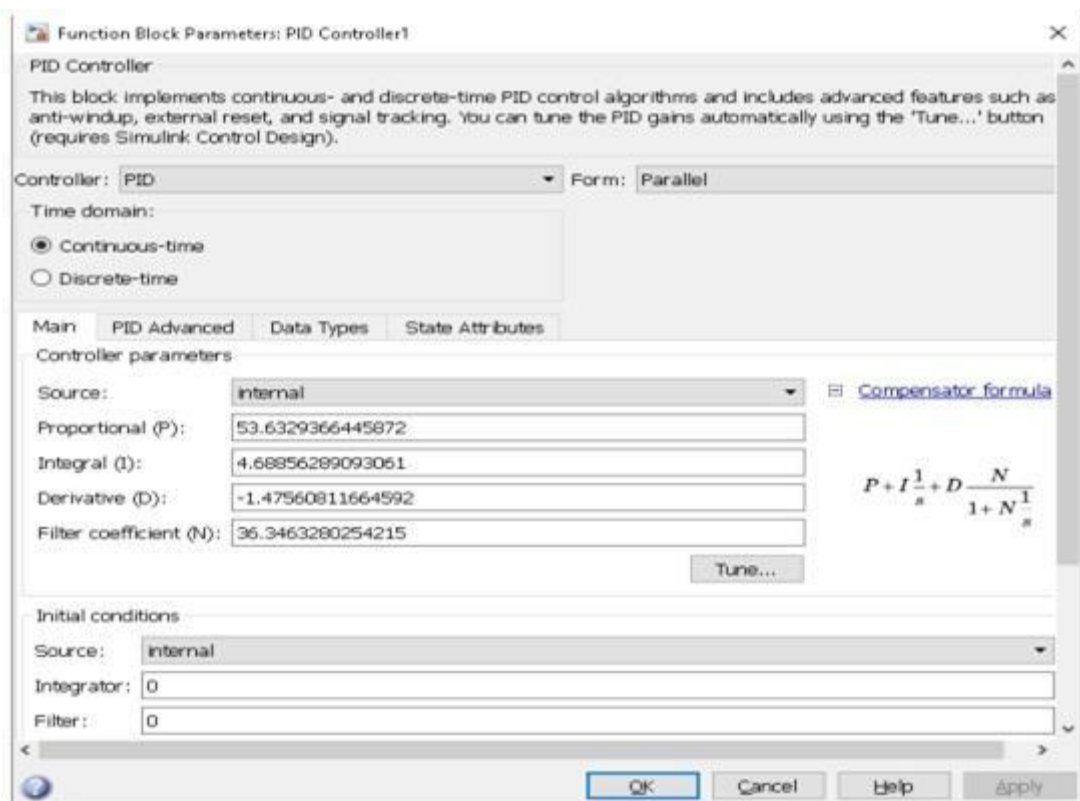


Рис. 5.22 – Параметри налаштування регулятора для другого перехідного процесу

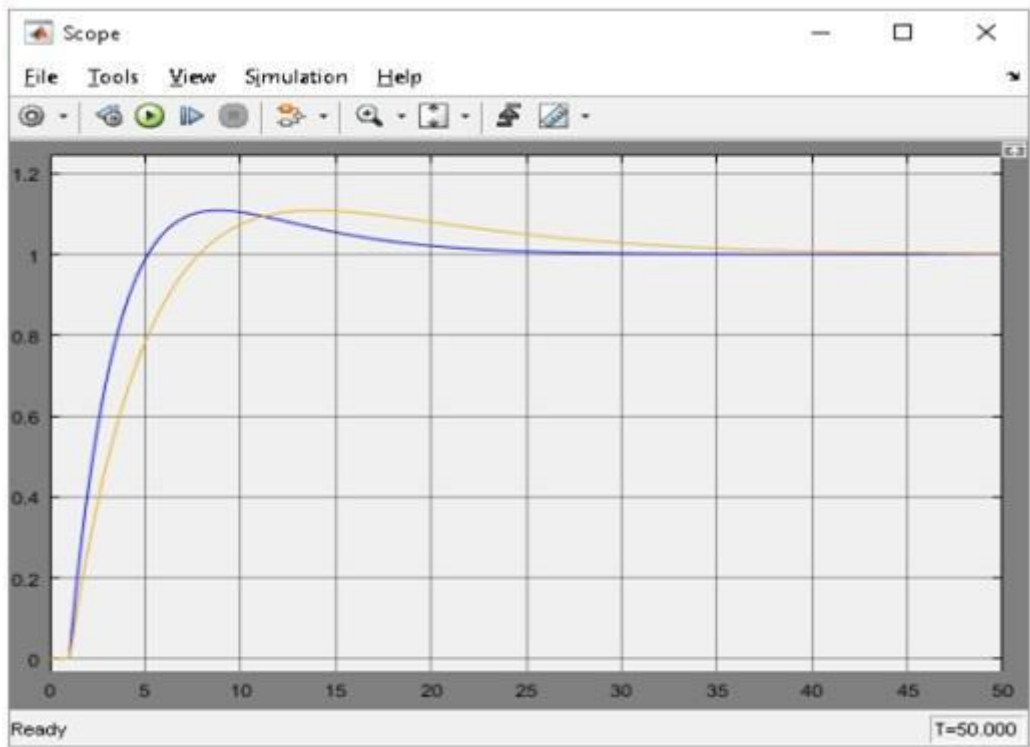


Рис. 5.23 – Перехідні процеси після налаштування регуляторів

ВИСНОВКИ

1. На початку дослідження наголошено, що рослинна олія – незамінний компонент сучасного харчування людини, адже саме з її допомогою організм отримує жири. Функції жирів (ліпідів) в живих організмах різноманітні, найважливішими серед них є будівельна та енергетична.

В роботі дано характеристику дотримання якості насіння соняшника, яка необхідна для отримання олії пресуванням. Приведений короткий аналіз впливу на якість олії таких попередніх операцій підготовки насіння соняшника, як підвищення вологості та нагрівання.

2. Проаналізовано основні процеси при виробництві соняшникової олії та наголошено, що в даний час олія виготовляється двома способами: розчинення в органічних розчинниках (екстракція) та механічний (пресовий). Ці методи можуть використовуватись як поодиночі так і разом. Для отримання олій пресуванням в минулому користувалися гідравлічними пресами, недоліками яких є недостатнє видавлювання соняшникової олії, через що її вміст в шроті становить 7–8%. Зараз на виробництвах соняшникової олії використовують прес шнекового типу, основними робочими органами якого є шнековий вал і зеєрний циліндр. В роботі перелічено та коротко охарактеризовано основне обладнання для виробництва олії. Були складені схема інформаційно-матеріальних потоків, а також таблиця з параметрами технологічного процесу для сигналізації, контролю та регулювання.

3. В конструкторській частині роботи описані етапи розробки функціональної схеми автоматизованої системи. Також розроблені алгоритми керування та приведено їх схематичне зображення.

4. Проведений вибір засобів автоматизації для розглянутої системи, а також наведені їхні технічні характеристики. Наведено схему електричної ізоляції та схеми підключень в мережу контактних датчиків до входів ПЛК. Описано реалізацію SCADA системи.

5. На завершення дослідження приведено математична модель технологічного процесу виробництва олії, а також досліджені перехідні процеси в системі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Держспоживстандарт, К. 2005 р. 54 с.
2. ДСТУ 4492: 2017. Олія соняшникова. Технічні умови.
3. Захарченко А.С., Соколов С.В. Система керування процесом рафінації масла/ Матеріали науково-технічної конференції ІМА. Автоматика, електромеханіка і системи управління. – Суми. – 2018. – с.172.
4. Левицький А.П. Високоолеїновий соняшник – перспективна сировина для одержання цінної соняшникової олії. Зернові продукти і комбікорми. 2010. №4. С.16-17
5. Лисенко В.П. Математичне моделювання теплових процесів прес-екструдера з індукційним обігрівом. Науковий вісник НУБіП України. 2011. Вип. 166. ч 4. С. 113-119.
6. Лисенко В.П., Інтенсифікація температурної обробки олійного насіння. Науковий вісник НУБіП України 2011. Вип.161. С. 171-178.
7. Фіалковська Л.В., Дейдей М.М. Удосконалення апаратурно-технічної схеми виробництва олії. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця. 2011. №9. С.187-189.
8. Шалугін В.С., Шмандій В.М., Процеси та апарати промислових технологій. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2008. 392с.
9. Трегуб В.Г. Проектування системи автоматизації: навчальний посібник – Київ: видавництво Ліра – К., НУХТ, 2014. 456с.
10. Защепкіна Н.М, Сучасні методи експертизи соняшникової олії в технологічному процесі вінтеризації/ Н.М. Щепкіна, М.О. Маркін, В.В. Таранов, О.А. Наконечний// Прикладні питання математичного моделювання. Херсон. – Т.2. - №1. – 2019р. – с.57-58
11. Дубинін А. І., Гаврилів Р. І., Гузьова І. О.; за ред. А. І. Дубиніна. Навчальний посібник з курсового проектування. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 360 с.
12. Жири у виробництві харчової продукції: монографія/ Л.З.Шильман, І.В. Сімакова, Н.В.Камсуліна; за заг.ред. Л.З.Шильмана. – Суми: Університетська книга. 2019. – 278с.
13. Матвєєва Т.В. Олія нового покоління/ Т.В.Матвєєва, А.П. Белінська, З.П. Федякіна; Національна академія аграрних наук України, Укр. НДІ олій та жирів. – Київ: Аграрна наука. 2018. – 55с.
14. Технологія виробництва олії. Буковинська бібліотека. URL [Електронний ресурс]: <http://buklib.net/books/24975/>
15. Інженерна комп'ютерна графіка: підручник, В. В. Проців, К. А. Зіборов, К. М. Бас / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро: НГУ, 2017. 247 с.
16. Щербак Я.В., Івакіна К.Я., «Основи теорії автоматичного регулювання електромеханотронних систем», - Харків, 2019р. – 223с.

17. Хобін В.А. Конспект лекцій з курсу «Теорія автоматичного керування» для студентів, які навчаються за спеціальністю 151. Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології денної та заочної форми навчання. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – Ч.2 – 72с.
18. ГОСТ 21.404 – 85. СПДС. Автоматизація технологічних процесів. Позначення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.
19. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст] : навчальний посібник/ А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра – К, 2018. – 352с.
20. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник/ А.П. Ладанюк , Н.М. Луцька , В.Д. Кишенько. Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра – К, 2018. – 368 с.
21. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст] : монографія/ Я.В. Смітюх, А.П. Ладнюх, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко. – LAP LAMBERT Academic Publishing. 2019 – 173с. – ISBN: 978 – 613 – 9 – 87035 – 6.
22. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст] : монографія / В. О. Мірошник, Н.А. Куліковська, В.Д. Кишенько, О.В. Грабовська. – К.: ЦП «Компринт», 2019. – 479с.
23. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі: В.Д.Черв'яков, О.Ю.Журавльов, І.В.Щокотова – Суми: Сумський державний університет. 2013. – 69с.
24. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технологія» денної та заочної форми навчання: уклад. І.В.Ельперін, В.М.Сідлецький, Н.М.Луцька, Є.С.Проскурка. - НУХТ, 2020. – 73с.
25. Innovative energy – saving technologies in biotechnological objects control/ A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - Т.: TsentrUchbovoi Literatury, 2014. - 240p.
26. Arya S. Development of a Seed Analyzer using the Techniques of Computer Vision. *IJDPS*. 2012. Vol. 3, №. 1. P. 149–155.
27. Monoj K. Gupta. Practical Guide to Vegetable Oil Processing / Academic Press and AOCS Press. – 2017. – 508pp.
28. Живильник – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/zhivilniki/zhivilnik-sf-250>. Дата звернення: 12.05.2023.
29. Екструдер – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/extruders/extruder-e-1000> / Дата звернення: 12.05.2023.
30. Механічний сепаратор – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/oil-settling-and-storage/separator-oliyi-mehanichnij-mos-500> / Дата звернення: 12.05.2023.
31. Олійний прес – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/oil-presses/oliinii-pres-pp-500>. Дата звернення: 12.05.2023.

32. Олійний прес – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/oil-presses/oliinii-pres-pp-1000/>
Дата звернення: 12.05.2023.
33. Охолоджувач макухи – <https://bronto.ua/ua/katalog-mashin-3/oholodzhuvachi/oholodzhuvach-oe-1000/> Дата звернення: 20.05.2023.
34. Переробка насіння соняшника – <https://www.shelingmachine.com/application/sunflower-seed-processing.html>. Дата звернення: 12.05.2023.
35. Принцип роботи фото сепаратора – <https://orientway.com.ua/tehnologiya>
36. Фотосепаратор [Електронний ресурс] – <https://orientway.com.ua/machines>. Дата звернення: 12.05.2023.
37. Овен ПЛК 160-220.А-М [Електронний ресурс] - <https://insat.ru/prices/info.php?pid=7262>
38. Sitrans TF 2 [Електронний ресурс] - <https://www.pkimpex.ru/opisanie/preobrazovatel-temperature-sitrans-tf2>
39. Електро-пневмоперетворювач ЕП-3211 [Електронний ресурс]-
https://metrolog.com.ua/product/preobrazovatel_ep3211
40. Частотний перетворювач Lenze 8200 Vector [Електронний ресурс]-
<https://ukrspecavtomat.com.ua/products/lenze-8200-vector/>
41. Датчик вологості і температури ДВТ-001 [Електронний ресурс]-
<https://regmik.ua/uk/product/datchik-vlazhnosti-i-temperature-modifikatsiya-001/>



