

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут Сумського
Державного університету Факультет денної
форми навчання
Кафедра системотехніки і інформаційних
технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою системотехніки
та інформаційних технологій

Худолей Г.М.

“ ___ ” ___ 2021 р.

Бакалаврська робота

на тему:

"Система управління технологічною лінією виробництва томатного соку"

Керівник проекту, к. т. н.

Г.М.Худолей

Проектант:

студент групи СУ – 71ш-8

О.С.Грибченко

Залікова книжка № 18080009

Шостка – 2021

ВСТУП

Згідно з даними дослідницьких компаній(UMG-ukrainian marketing group), кожен українець випиває не більше ніж 10 літрів соків і нектарів в рік. Цей показник втричі менше, ніж в країнах Європейського Союзу (30 літрів в рік), в той час як в Північній Америці середнє споживання соку на душу населення досягає 50 літрів в рік.

Але не зважаючи на це, Україна входить в ТОП-5 найбільших експортерів соків в світі. За кордон постачається близько 20% виготовленої в Україні продукції. Українці частіше купують соки від вітчизняного виробника, оскільки 95% продукції - українська. Решта 5% - це імпортна продукція, в тому числі і концентрати. Найбільш відомі торгівельні марки «Сандора», «Садочок», «Сандорик», « Rich», «Добрий»на ін. Багато люблять томатний сік. Цей червоний напій – справжній коктейль з вітамінів і мінералів.

Темою бакалаврської роботи є автоматизація технологічної лінії виробництва томатного соку. На більшості заводів з виробництва соків запроваджені автоматичні системи, але їх потрібно час від часу оновлювати, модернізувати, осучаснювати. За допомогою нових засобів автоматизації буде збільшення обсягів виробництва продукції та отримання більшого прибутку. Постійне використання обладнання приводить до зміни його характеристик, що вимагає постійного корегування. Крім того, на якість кінцевого продукту впливає величезна кількість чинників, що вимагають постійного регулювання роботи технологічного обладнання.

Ліквідація цих недоліків вимагає втручання в хід технологічних процесів з метою підвищення їх ефективності. Значну роль у вирішенні проблем відіграє автоматизація виробничих процесів.

Технологічна лінія виробництва томатного соку поділяється на декілька етапів (мийка, сортування, ополіскування, дробління, підігрів, віджим, розлив) та складається з декількох комплексів:

- комплексу устаткування для очищення миття і сортування сировини, до складу якого входять мийні машини, конвеєр та гідролоток.
- комплекс обладнання для подрібнення томатів, що складається з дробарок, ємностей і насосів.
- комплекс обладнання, що включає вакуум-підігрівачі з вакуум-бачками і шнекові преси зі збірниками
- комплексом з фасувально-закупорювальних машин.

На кожному комплексі, та на технологічній лінії взагалі використовується багато різноманітного обладнання: машин, дробарок, теплообмінників, підігрівачів, шнекових пресів, насосів та ін. роботу яких можливо поліпшити за допомогою ефективної експлуатації автоматичної системи управління технологічним процесом.

Встановлення більш сучасних датчиків витрат, датчиків для вимірювання рівня, датчик тиску, температури, вибір перетворювачів, вибір мікропроцесорного контролера повинен привести до забезпечення інтенсивності виробничого процесу, підвищення якості продукції, що виробляється, зниження втрат енергоресурсів і витрат сировини.

Вирішення питань, пов'язаних з побудовою системи управління, здатної забезпечити потрібний рівень безпеки протікання технологічного процесу, поліпшити техніко-економічні показники це одне з завдань моєї роботи. Робота виконується на підставі завдання кафедри системотехніки та інформаційних технологій Шосткинського інституту Сум ГУ.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема лінії виробництва томатного соку представлена на рисунку 1.

Дворазова мийка в вентиляторних мийних машинах 1 забезпечує повне видалення забруднень. При переміщенні томатів на конвеєрі 2 сировина за рахунок обертання роликів перевертається, що дозволяє якісно здійснювати його сортування та інспекцію. Гідролоток 3 під конвеєром призначений для видалення відходів. Збірник підігрітого соку, рідинного наповнювача, закаточної машини, обладнання для стерилізації готової продукції. Проінспектована сировина ополіскується водою на похилій ділянці конвеєра, після чого подрібнюється в дробарці 4. Подрібнена маса збирається в бункер 11, звідки перекачується насосом 7 в здвоєний вакуум-підігрівач 12 з вакуум-бачком 10, де нагрівається до температури 60...65 °С для полегшення віджиму соку в шнековому пресі 13. Лінія оснащена резервним шнеком для забезпечення безперервної роботи. Шнеки розташовані на естакаді, тому віджатиий сік самопливом надходить до збірки 8 під естакадою. Збірник обладнаний поплавковим сигналізатором рівня. Сік зі збірника 8 перекачується насосом 7 в вакуум-бачок 10, а потім в здвоєний вакуум-підігрівач 9, де нагрівається до температури 85...90 °С, а з підігрівача – в лоток 5.

При температурі нижче встановленої сік знову направляєється насосом 7 на повторний підігрів в вакуум-підігрівач 9. При упаковуванні в тару місткістю 0,25 ... 0,5 л сік до фасувальної машини 14 надходить із лотка 5. При гарячому розливі в пляшки сік із лотка 5 подається насосом в теплообмінник 6 для нагріву до температури 97...98 °С. Якщо лінія була зупинена і сік в лотку 5 охолов, його знову перекачують в вакуум-підігрівач 9.

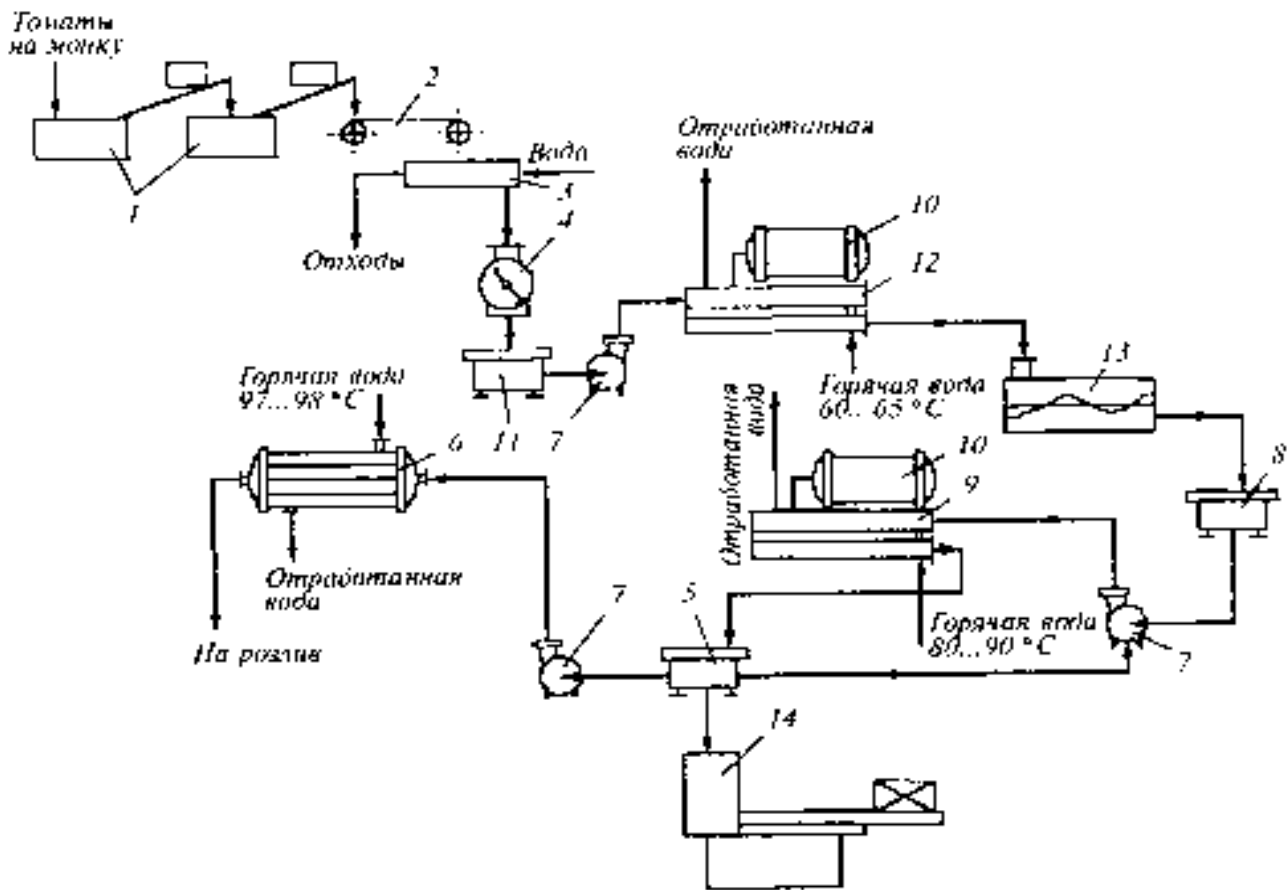


Рисунок 1 - Технологічна схема лінії виробництва томатного соку

1.2 Технологічна схема виробництва томатного соку

Стадії технологічного процесу, виробництва томатного соку можна розділити на наступні стадії: технологічна схема отримання томатного соку представлена на рис.2

- очищення, миття та сортування сировини;
- дроблення (подрібнення) томатів;
- нагрівання і екстракція томатної маси;
- центрифугування і протирання томатопродуктов;
- фасування, стерилізація (пастеризація) соку.

Подрібнені томати протирають через сита з діаметром отвору 5 мм з метою видалити грубі включення: плдоніжку, зелені частини плодів і можливі домішки. Протерту масу нагрівають. Мета нагрівання - інактивувати окислювальні і пектолітичні ферменти, знищити мікроорганізми і полегшити протирання. Режим нагрівання має велике значення для якості томатного соку. Необхідна температура нагрівання $75 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ повинна бути досягнута за можливості швидко, щоб припинити діяльність пектологічних ферментів. В томатному соку міститься пектінестераза і значна кількість галактуронази, які розщеплюють розчинний пектин, що обумовлює в'язкість соку.

Якщо нагрівання проводиться повільно, томатна маса деякий час знаходиться при температурі 50 ... 60 ° С, найбільш прийнятною для дії цих ферментів, що призводить до руйнування розчинної пектину. Сік з повільно нагрітих томатів, має, тому, низьку в'язкість і схильний до розшарування.

Швидке інактивирование пектолітичеських ферментів досягається шляхом інжекції пари в томатну масу. В'язкість соку при цьому може зберегтися на рівні 95% початкової, але можливо розведення соку конденсатом. Найчастіше для нагрівання томатної маси використовують багатоходові трубчасті теплообмінники.

З нагрітої томатної маси сік витягають на шнекових пресах, центрифугах або протиральних машинах. На екстрактори встановлюють сита з діаметром отворів 0,5..0,7 мм, вихід соку при цьому становить 55 ... 65% до масі томатів. Решта відходи протирають на протирочной машині і отримують пюре, яке використовують у виробництві концентрованих томатопродуктів.

При протиранні на протиральних машинах вихід соку збільшується, але в нього переходить багато м'якоті, що погіршує зовнішній вигляд і консистенцію соку. Тому у виробництві соку використовують протиральні машини, що мають всередині корпусу рухливі перегородки. Спочатку нагріту томатну масу протирають на протирочной машині, забезпеченою ситом з діаметром отворів 3 мм, потім - на машині з рухомими перегородками для поділу маси на фракції. Перша фракція, складова 55 ... 65%, використовується для виробництва томатного соку, друга - в кількості 31..39% - передається на виробництво концентрованих томатопродуктів.

Центрифуги використовують фільтруючі, в ротор яких встановлюють сита з отворами круглої форми діаметром 0,06 ... 0,1 мм або щілиноподібні розміром 0,06 × 2,2 мм. Вихід соку 70 ... 80%. Відходи після вилучення соку використовують у виробництві томату-пюре і томатної пасти.

Сік фасують в скляні або жерстяні банки. Наполнинние бляшані банки закупорюють, а скляні накривають кришками і підігрівають екстаустірованія інфрачервоними променями протягом не менше 20с. Після екстаустірованія скляні банки з соком герметично закупорюють і направляють на стерилізацію.

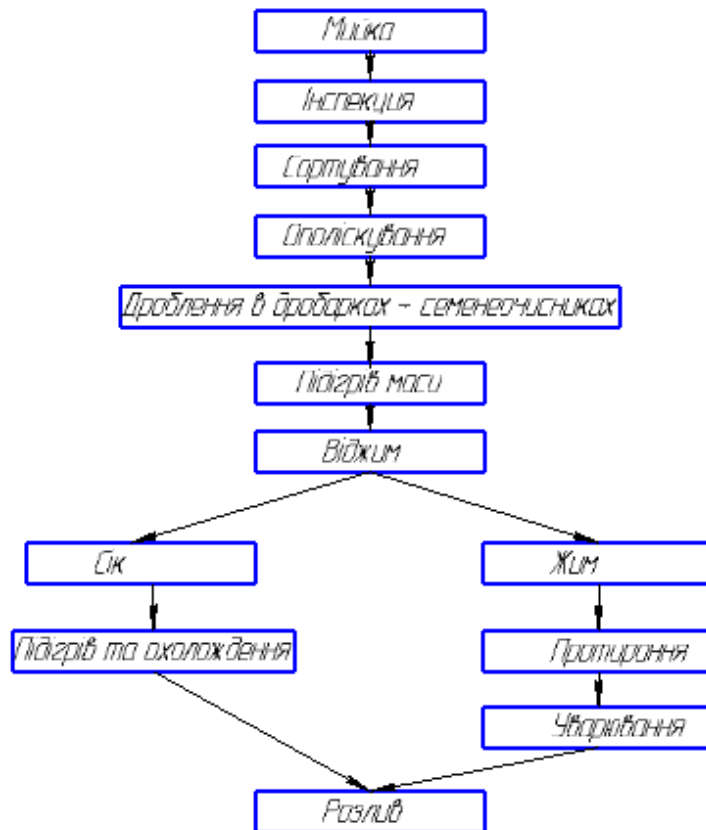


Рисунок 2 - Технологічна схема отримання томатного соку

1.3 Опис роботи основного обладнання

Лінія починається з комплексу устаткування для очищення, миття і сортування сировини, до складу якого входять мийні машини, конвер та гідролоток.

До складу лінії входить комплекс обладнання для подрібнення томатів, що складається з дробарок, ємностей і насосів.

Основним є обладнання, що включає вакуум-підігрівачі з вакуум-бачками і шнекові преси зі збірниками. Завершальним комплексом на лінії складається з фасувально-закупорювальних машин.

Уніфікована мийна машини КУВ-1 представлена на рис. 3.

Мийна машина КУВ-1 продуктивність 10 т / год, стаціонарно встановлюється на фундаменті на відміну від пересувних мийних машин серії КУВ.

Машина складається з ванни 1 з привареним до неї каркасом з швелерних стійок і транспортера, робоче полотно якого складено з двох ролико-втулкових ланцюгів і алюмінієвих роликів між ними.

Ланцюги підтримуються напрямними куточками. У нижній частині ванни знаходиться спусковий кран 2 і люк 3 для чищення. Для натягу стрічки транспортера до ванни кріпляться два натяжних

гвинтових пристрою 4.

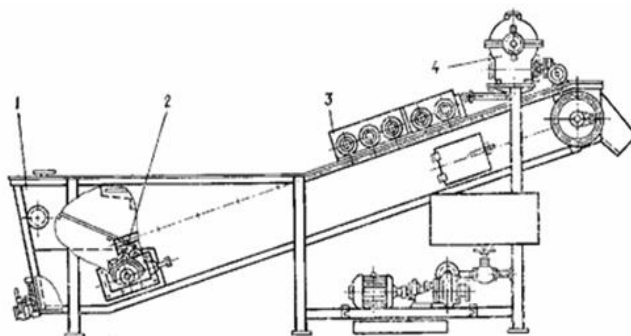


Рисунок 3- Мийна машина КУВ-1

Інспекційний конвеєр Т-1КТ2В представлений на рис. 4.

Принцип роботи конвеєрів з роликівим полотном полягає в наступному. Сировина подають в завантажувальний бункер, з якого воно надходить на роликівий транспортер. При русі транспортера ролики обертаються і перевертають плоди. Робочі знаходяться по обидва боки транспортера і видаляють непридатні до переробки плоди. Дефектні плоди опускають у спеціальні лотки, зроблені з боків транспортера. При виході з транспортера сировину обполіскують водою з душового пристрою.

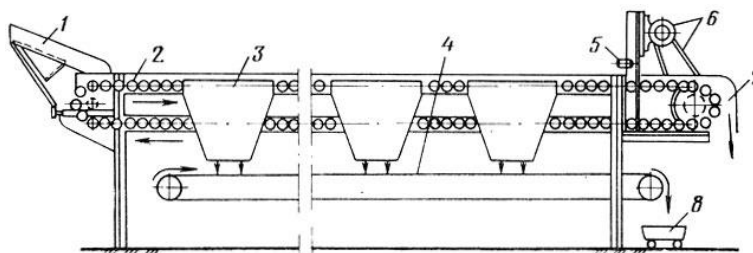


Рисунок 4 - Інспекційний конвеєр

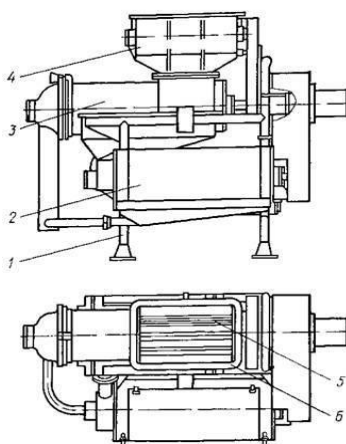
1 - приймальний лоток; 2 - роликівий транспортер; 3 - бункер для збору відходів; 4 - стрічковий транспортер для видалення відходів; 5 - душовий пристрій; 6 - електропривод; 7 - вивантаження сировини; 8 - збірник відходів.

Дробарка Т1-КОС-15 представлена на рис. 5.

Призначена для дроблення томатів з одночасним відділенням насіння. Складається: рами 1, протирання 2, сепаратора 3, м'ялки 4.

Основною частиною м'ялки є два горизонтальних, паралельно розташованих барабана 5 з нержавіючої сталі. За утворює кожного барабана проходять сім поздовжніх виступів (променів), при цьому промені одного барабана входять у западини променів іншого. Вали барабана пов'язані циліндричної зубчастої передачею і обертаються назустріч один одному з однаковою частотою. Томати, подані в м'яльницю через верхній прямокутний отвір 6 в корпусі, потрапляють на

барабани і роздавлюються ними.



Рисункок 5 - Дробарка Т1-КОС-15

Підігрівач Т1-КТЮ представлений на рис. 6.

Призначений для теплової обробки подрібненої томатної маси і підігріву соку перед розфасовкою. Входить в комплект обладнання технологічної лінії виробництва томатного соку.

Складається з шести самостійних теплообмінників, встановлених на станині, звареної з труби. Кожен теплообмінник являє собою горизонтальний зварний циліндр, усередині якого розташовано шість нержавіючих труб. Труби утворюють змійовик, в якому продукт нагрівається до заданої температури.

Вода надходить в міжтрубний простір і омиває труби з продуктом. Відпрацьована пара через патрубки виходить в відповідну трубу і далі в конденсатовідвідник. Для зменшення втрат тепла циліндри теплообмінників покриті теплоізоляційним матеріалом. У підігрівачі передбачена можливість з'єднання теплообмінників в різній послідовності і відключення окремих секцій.

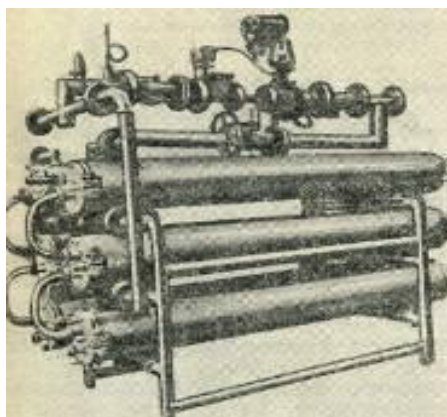


Рисунок 6 - Підігрівач Т1-КТЮ

Екстрактор представлена на рис. 7.

Екстрактором називають шнековий прес безперервної дії зі змінним кроком і діаметром. Він застосовується для пресування дробильних підігрітих томатів з метою отримання томатного

соку. В екстракторі шнек 1 розташований всередині перфорованого циліндра 2. Сировина подається в бункер 3. Віджятий сік потрапляє в збірник 4. Відходи видаляються через кільцевої зазор 5, утворений конічним кільцем 6 і конусом 7, яким закінчується останній виток шнека 1. Величину зазору 5 змінюють залежно від вологості відходів за допомогою рукояток 8, при обертанні яких вал зі шнеком переміщається уздовж осі. При зменшенні зазору вихід соку збільшується, але якість його погіршується, так як разом з соком в продукт потрапляє речовини, що обумовлюють його помутніння. При пуску преса зазор повинен бути максимальним: потім його зменшують до нормального. Привід екстрактора здійснюється електродвигуном.

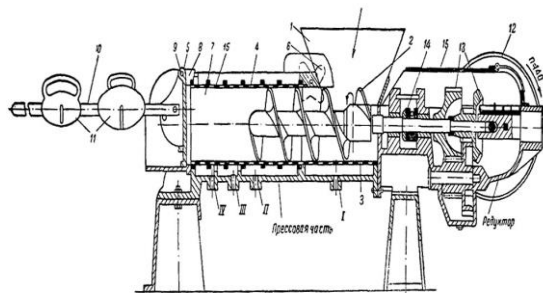


Рисунок 7 - Шнековий прес

Насос КНЛ-3 представлений на рис. 8.

Призначений для перекачування води, а також пюре-образних продуктів. Входить до складу обладнання технологічних ліній виробництва томатної пульпи, томатного соку і концентрованих томатопродуктів (пасти, пюре, соусів).

Складається з робочої лопаті, корпусу і кронштейна. Лопать закріплена на ступиці, насадженої на вал електродвигуна. Корпус і знаходиться в ньому лопать закриті дахів кою, в центрі якої є всмоктуєчий, а зверху корпусу - нагнітальний трубопроводи. Корпус розміщений на кронштейні, який в свою чергу з'єднаний з електродвигуном.

Насос встановлюють під затокою нижче рівня всмоктуєчої рідини.

Електрообладнання складається з електродвигуна.

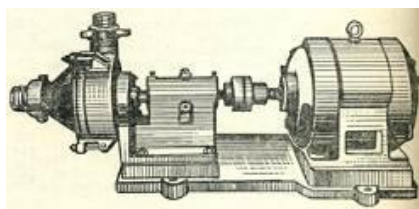


Рисунок 8 - Насос КНЛ-3

2 Вибір величин, які регулюються, та каналів внесення регулюючих дій

При розгляді кожного із об'єктів слід прийняти до уваги, що є показниками якості процесу, ті вихідні і вхідні величини через які на об'єкт подають обурення, а також регулювання підлягають режимні параметри об'єктів.

Розглянемо кожний апарат як окремий об'єкт регулювання і для кожного із них визначимо параметри, які необхідно регулювати по яким каналам треба вносити регулюючі впливи.

Розглянемо слідуєчи об'єкти:

2.1 Мийні машини. В мийних машинах проводиться повне видалення забруднень з томатів. Томати безперервно подаються у мийку.

Показником ефективності є: у відповідності до опису технологічного процесу підтримка витрати води на регламентному рівні 75 м³ / год.

Мета керування- підтримка заданих витрат води. Для досягнення мети керування і нормального ведення технологічного процесу регулюють подачу води у мийки.

2.2 Гідролоток. У апараті відбувається відділення відходів.

Показником ефективності є: відходи на виході із апарату.

Мета керування – підтримання витрати води на заданому значенні.

2.3 Бункер. В бункері проводиться вимірювання і завантаження томатного соку. Томатний сік безперервно подаються у бункер.

Показником ефективності є: рівень соку у бункері.

2.4 Вакуум-підігрівач. В підігрівачі проводиться підігрів томатної маси у відповідності до умов технологічного процесу.

Показником ефективності є: Температура соку в установці.

Мета керування – підтримання температури на заданому значенні.

2.5 Шнековий прес. У пресі відбувається переміщення томатної маси до фільтри.

Показником ефективності є: рівномірність подачі маси на виході.

Мета керування- рівномірна подача томатної маси на фільтру. Для досягнення мети керування і нормального ведення технологічного процесу контролюють тиск, регулюють швидкість обертання.

2.6 Збірник. У апараті відбувається збирання томатного соку.

Показником ефективності є: рівень соку у збірнику.

2.7 Лоток. У лотку відбувається збирання томатного соку.

Показником ефективності є: температура соку у лотку.

2.8 Теплообмінник. У обміннику відбувається підігрів томатного соку.

Показником ефективності є: температура соку.

3 Вибір величин, які контролюються, сигналізуються

та параметрів захисту.

3.1 Вибір контролюючих величин

При виборі контролюючих величин ми повинні знати, що в першу беруться керуючі величини, а також ті величини, які найбільш повно характеризують процес, для полегшення слідкування за ходом процесу, полегшення запуску, наладки і зупинки технологічного процесу, та найбільш важливі вихідні параметри для здійснення оперативного управління. Тому в даному процесі автоматизації розглянемо такі параметри:

На основі виконаного аналізу технологічного процесу та схеми руху матеріальних потоків було визначено параметри для сигналізації контролю і управління, та зведено до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

№ Пор.	Найменування Параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Задане значення параметра	Відображення інформації				Регулювання	Найменування регулювального впливу, місце встановлення регулювального органу.	Хар.середовища			
			показання	ресстрування	підсуовування	сигналіація			давачів	Керуючих органів		агресивне
1	Температура в вакуум підігрівачі(поз.12)	65 °С	+	-	-	-	+	За рахунок гарячого пару	-	-	-	-
2	Температура в вакуум підігрівачі(поз.9)	87 °С	+	-	-	-	+	За рахунок гарячого пару	-	-	-	-
3	Температура в теплообміннику(поз.6)	90 °С	+	-	-	-	+	За рахунок гарячого пару	-	-	-	-
4	Температура в лотку (поз.5)	85 °С	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Рівень у бункері(поз.11)	50 мм	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
6	Витрата води(поз.1)	75м/ч	+	+	-	-	+	За рахунок перекриття клапану	-	-	-	-
7	Витрата води(поз.3)	12м/ч	+	+	-	-	+	За рахунок перекриття	-	-	-	-

								клапану				
8	Тиск у шнековому пресі(поз.13)	бкг/см	+	+	-	+	+	За рахунок перекриття клапану	-	-	-	-
9	Рівень у збірнику(поз.8)	50 мм	+	+	-	+	+	За рахунок перекриття клапану	-	-	-	-
10	Оберти конвеєра(поз.2)	750об/хв	+	-	-	+	+	За рахунок зміни обертів двигуна	-	-	-	-
11	Оберти дробарки(поз.4)	4000об/хв	+	-	-	+	+	За рахунок зміни обертів двигуна	-	-	-	-
12	Оберти насосу(поз.7)	1500об/хв	+	-	-	+	+	За рахунок зміни обертів двигуна	-	-	-	-
13	Оберти шнекового персу(поз.13)	2200об/хв	+	-	-	+	+	За рахунок зміни обертів двигуна	-	-	-	-

3.2 Контури управління

3.2.1 Контур керування витратою у мийках поз.1 представлений на рис.3.1

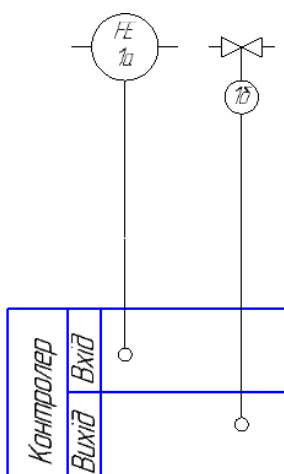


Рисунок 3.1 – Контур управління витратою

3.2.2 Контур керування витратою у гідролотку поз.3 представлений на рис.3.2

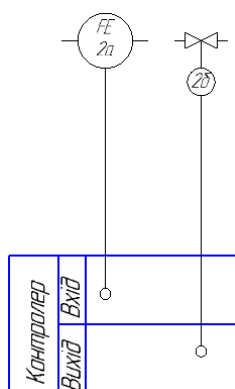


Рисунок 3.2 – Контур керування витратою

3.2.3 Контур контролю рівня у бункері поз.11 представлений на рис.3.3

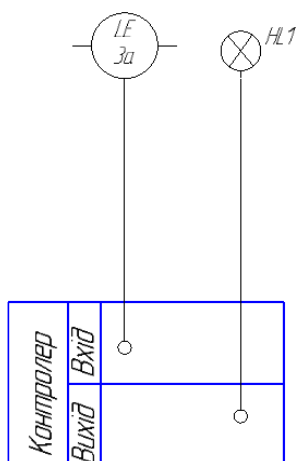


Рисунок 3.3 – Контур контролю рівня

3.2.4 Контур керування тиску у шнековому пресі поз.13 представлений на рис.3.4

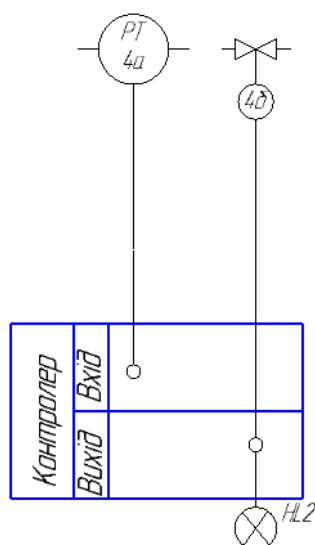


Рисунок 3.4 – Контур керування тиску

3.2.5 Контур керування рівня у збірнику поз.8 представлений на рис.3.5

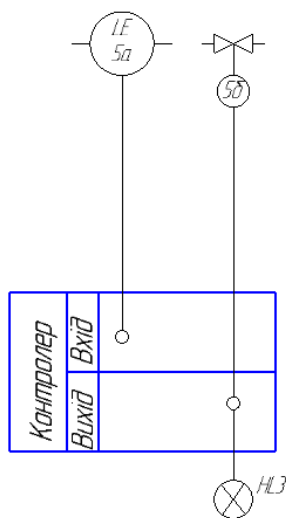


Рисунок 3.5 – Контур керування рівня

3.2.6 Контур контролю температури у вакуум підігрівачу поз.12 представлений на рис.3.6

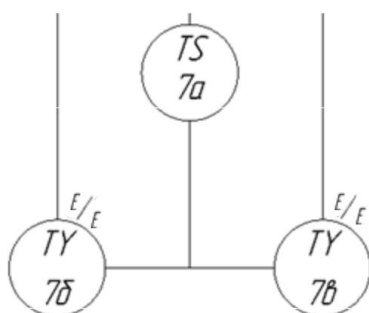


Рисунок 3.6 – Контур керування температури

3.2.7 Контур контролю температури у вакуум підігрівачу поз.9 представлений на рис.3.7

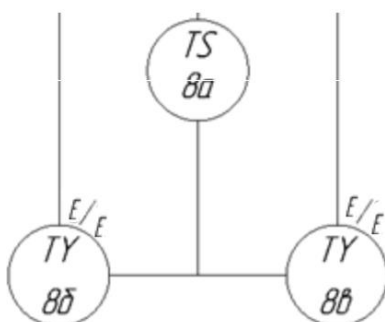


Рисунок 3.7 – Контур керування температури

3.2.8 Контур контролю температури у теплообміннику поз.6 представлений на рис.3.8

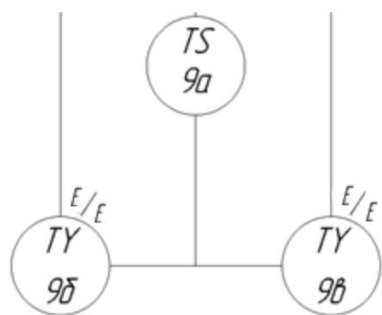


Рисунок 3.8 – Контур керування температури

4 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Засоби автоматизації, за допомогою яких буде здійснюватися управління процесом, повинні бути обрані технічно грамотно і економічно обґрунтовано. Конкретні типи пристроїв вибирають з урахуванням особливостей об'єкта управління. В першу чергу беруть до уваги такі фактори, як пожежо-і вибухонебезпечність, агресивність і токсичність середовищ, число параметрів, що беруть участь в управлінні, і їх фізико-хімічні властивості, а також вимоги якості контролю і регулювання. На підставі конструктивно-технологічного аналізу об'єкта управління можна зробити висновок, що даний технологічний процес не є пожежо- та вибухонебезпечним і не має токсичних середовищ.

Основний концептуальної лінією вибору датчиків і виконавчих механізмів на етапі вибору засобів автоматизації є вартість, зручність монтажу та обслуговування.

4.1 Вибір датчиків

4.1.1-Вибір датчиків витрат

Для вимірювання витрат можливе використання наступних типів датчиків витрат:

А) Електромагнітний витратомір ModMag M1000.

Дана модель призначена для роботи на трубопроводах типорозмірів DN6 ... DN200 і вимірювання витрати рідини з точністю до 0,3%. Конструктивно прилад захищений від вібрації і відмінно підходить для роботи на пересувних установках і в процесах ГРП. В основі приладу лежить мікропроцесор, завдяки чому у расходомера великий вибір вихідних сигналів для зв'язку з зовнішніми пристроями (аналоговий, імпульсний, частотний, промислові протоколи RS232, RS422, RS485). Також прилад програмується за допомогою трьох зовнішніх кнопок.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.1

Б) Витратомір KOBOLD DPL

Компактні витратоміри для вимірювання потоку рідин, що працюють за принципом робочого колеса турбіни. Обертання колеса турбіни безконтактно передається за допомогою вбудованих в лопатки магнітів на перетворювач сигналів. Швидкість обертання прямо пропорційна значенню витрати.

Таблиця 4.1 - Зведена таблиця параметрів витратомірів

Назва датчика	Діапазон м3/час	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
ModMag M1000	0,03...12	±0,2 %	4-20мА	1540
KOBOLD DPL	0,5...10	±2,5%	4-20мА	2400

Порівнявши технічні характеристики датчиків витрати, а також їх вартість можна зробити висновок, що витратомір ModMag M1000 має меншу ціну ,а також більш високу точність вимірювань.

Зовнішній вигляд витратоміра-лічильника представлений на малюнку. 4.1



Малюнок 4.1 - Зовнішній вигляд витратоміра ModMag M1000

4.1.2-Вибір датчиків рівня

Для вимірювання рівня в ємностях можливе використання наступних датчиків:

А) Поплавковий датчик рівня ОВЕН ПДУ-И

Датчик рівня ОВЕН ПДУ-И призначений для вимірювання рівня, а також для безперервної передачі вимірюваних значень у вигляді стандартного вихідного струмового сигналу на вторинну апаратуру реєстрації даних або виконавчі механізми. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.2.

Б) Поплавковий датчик рівня FLS

Поплавок с постійним магнітом перемещается по направляющей трубе вместе с уровнем жидкости. В направляющей трубе находится герконовый контакт (контакт инертного газа), который через немагнитные стенки поплавка и направляющей трубы активируется при приближении поплавкового магнита. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Зведена таблиця параметрів датчиків рівнів.

Назва датчика	Функціональні особливості	Діапазон вимірювань	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн.
ОВЕН ПДУИ	Поплавковий датчик рівня	0...2м	0,3 %	4-20 мА	3685
FLS	Поплавковий датчик рівня	0...1,5м	0,6 %	4-20 мА	7490

Порівнявши технічні характеристики датчиків рівня, а також їх вартість можна зробити висновок, то вибрали датчик з мінімальною вартістю і відносно невеликою величиною похибки ОВЕН ПДУ.

Зовнішній вигляд датчика рівня представлений на малюнку 4.2.



Рисунок 4.2 – Датчик рівня ПДУ-И

4.1.3-Вибір датчиків тиску

Для вимірювання тиску, можуть бути використані наступні датчики:

А) Датчик тиску ПД100И-111

Перетворювачі даної моделі призначені для вимірювання перепаду тиску.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.3.

Б) Датчик тиску Rosemount 3051S

У датчиках тиску Rosemount 3051S застосовується конструкція SuperModule™. Вона являє собою повністю герметичний вузол, що забезпечує найвищий захист від проникнення пилу і води (IP68).

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Зведена таблиця параметрів датчиків тиску.

Назва датчика	Функціональні особливості	Діапазон кгс/см ²	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
ПД100И-111	Датчик перепаду тиску	0 до 20	±0,1%	4 – 20 мА	2500
Rosemount 3051S	Датчик перепаду тиску	0 до 15	0,025 %	4 – 20 мА	3000

Порівнявши технічні характеристики датчиків, а також їх вартість можна зробити висновок, що датчик тиску ПД100И-111, має найменшу вартість і також володіє достатньою точністю вимірювань. Тому вибираємо датчик тиску ПД100И-111.

Зовнішній вигляд датчика представлений на малюнку 4.3.



Малюнок 4.3 - Датчик перепаду тиску ПД100И-111

4.1.4-Вибір датчиків температури

Для вимірювання температури, можуть бути використані наступні датчики(реле):

А) Датчик-реле температури ТАМ103-03.1.1

Датчик ТАМ103-03.1.1 призначений для автоматичного регулювання температури контролюваної. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.4.

Б) Датчик-реле температури серія TN 552

Проведений спеціально для регулювання і контролю температури в ємностях або приміщеннях різного призначення. Головним завданням виробу є підтримка певної температури. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена таблиця параметрів датчиків температури.

Назва датчика	Функціональні особливості	Діапазон	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
ТАМ103	Датчик-реле	-30до+100	±1	4 – 20 мА	260
TN 552	Датчик-реле	-40до+120	±1.5	4 – 20мА	580

Порівнявши технічні характеристики датчиків, а також їх вартість можна зробити висновок, що датчик-реле температури ТАМ103, має найменшу вартість і також володіє достатньою точністю вимірювань. Тому вибираємо датчик ТАМ103.

Зовнішній вигляд датчика представлений на малюнку 4.4.



Малюнок 4.4 - датчик-реле температури ТАМ103

4.1.5-Вибір перетворювача аналогового сигналу

Для перетворення аналогового сигналу 4-20 мА в 0-10 В можуть бути використані:

А) Перетворювач RMCN22BD

Предназначен для непрерывного пропорционального преобразования входного унифицированного сигнала 4-20 мА в унифицированный сигнал 0-10В. Основні характеристики перетворювачів наведені в таблиці 4.5.

Б) Перетворювач ПАС 24-10 А220

Перетворювач аналогового сигналу ПАС 24-10 А220 призначений для безперервного пропорційного перетворення вхідного уніфікованого сигналу 4-20 мА в уніфікований сигнал 0-10. Прилад розрахований на живлення 220В змінного струму і реалізує аналоговий принцип перетворення, тобто основними елементами його схемотехніки є операційні підсилювачі. Основні характеристики перетворювачів наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зведена таблиця параметрів перетворювачів.

Назва перетворювача	Функціональні особливості	Вх. сигнал	Вих. сигнал	Вартість, грн
RMCN22BD	Перетворювач	4 – 20 мА	0-10В	3200
ПАС 24-10 А220	Перетворювач	4 – 20мА	0-10В	2500

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів, а також їх вартість можна зробити висновок, що нам більш за все підходить ПАС 24-10 А220, має найменшу вартість. Тому вибираємо датчик ПАС 24-10 А220.

Зовнішній вигляд датчика представлений на малюнку 4.5.



Малюнок 4.5 – Перетворювач ПАС 24-10 А220

4.1.6-Вибір перетворювача частоти

У цьому технологічному процесі необхідно підтримувати витрати на заданому значенні. Це здійснюється за рахунок зміни частоти обертання двигунів насосів, засобами перетворювача частоти.

А) Перетворювач частоти трифазні з векторного керування **Invert-AE200-5.5G**

Векторні перетворювачі частот з функцією автоматичної оптимізації енергоспоживання призначені: для керування швидкістю(частотою) обертання трифазних асинхронних двигунів, систем вентиляції, опалення та очищення повітря. Застосування перетворювачів частоти дозволяє значно розширити робочий діапазон керування, покращити ступінь регулювання і швидкість відклику електроприводу.

Основні характеристики перетворювачів частоти наведені в таблиці 4.6.



Малюнок 4.6 - Перетворювач частоти Invert-AE200-5.5G

Б) Векторний перетворювач частоти

Частотні перетворювачі демонструють свою високу надійність, унікальні енергозберігаючі властивості і вражаючі вбудовані можливості. PI500 5R5G3 призначені для роботи з вентиляторами та насосами.

Основні характеристики перетворювачів частоти наведені в таблиці 4.6.



Малюнок 4.7 - Перетворювач частоти PI500 5R5G3

Таблиця 4.6 - Основні характеристики перетворювачів частоти.

Виробник	Powtran	Invert
Назва	PI500 5R5G3	AE200-5.5G
Діапазон потужності	0-5.5 кВт	0-5.5 кВт
Живлення	3-фазне 380 В	3-фазне 380 В
Вихідна частота	0-400Гц	0-600Гц
Вартість	10350 грн	6950 грн

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів частоти, можна зробити висновок, що обидва перетворювачі однаково підходять. Будемо використовувати Invert так як він має достатній діапазон вихідної частоти для даного виміру, і значно меншу вартість - тому слід використовувати перетворювач частоти Invert. У таблиці 4.7 наведені модифікації для кожного насоса.

Таблиця 4.7 - Необхідна модифікація залежності від насоса.

Назва	Продуктивність насоса, м3/год	Потужність насоса, кВт	Ціна ПЧ, грн
КНЛ-3	20	5	5540

4.1.7- Вибір мікропроцесорного контролера

А) Контролер мікропроцесорний МК-51-07

- Компактний малоканалний багатфункціональний високопродуктивний мікропроцесорний контролер
- Автоматичне регулювання і логічне управління технологічними процесами

Функціональні можливості

- Контролер МК-51 - це проектно-компонований виріб, який дозволяє користувачеві вибрати потрібний комплект модулів і блоків згідно з кількістю і виду вхідних-вихідних сигналів- Засоби самодіагностики: сигналізація і ідентифікація несправностей, про вихід сигналів за допустимі межі, про збої в ОЗУ, порушенні обміну по мережі і т.п.

У контролерах МК-51 є розвинена система межконтроллерного обміну, за допомогою якої контролери можуть об'єднуватися в локальну або розподілену керуючу мережу. У мережі контролери можуть обмінюватися інформацією, як з комп'ютером, так і між собою. Ця функція забезпечує можливість організації розподіленої обробки даних, а також збільшення числа каналів введення-виведення. При використанні функції межконтроллерного обміну значно знижується інформаційне навантаження на мережу.

- Програмування контролера виконується за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА. В якості мови програмування в системі реалізований мову функціональних блокових діаграм Function Block Diagram (FBD), що надає користувачеві механізм об'єктного візуального програмування. Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) IEC 1131-3.

Редактор FBD-програм АЛЬФА має вбудований відладчик програм, систему логічного контролю стану програми, можливості документування програм, друку, представлення програми у вигляді таблиці.

Основні характеристики мікропроцесора наведені в таблиці 4.7.



Рисунок 4.8 - Контролер мікропроцесорний МІК-51-07

Б) ПЛК154. Программируемый логический контроллер

Моноблочный программируемый логический контроллер с дискретными и аналоговыми входами/выходами. Осуществляет измерения входных аналоговых и дискретных сигналов, формирует аналоговые и цифровые управляющие сигналы. Предназначен для построения систем управления малыми и средними объектами автоматизации, а также создания систем диспетчеризации. Особливості контролера ПЛК154: Компактний пластиковий корпус з кріпленням для монтажу на DIN-рейку. Наявність дискретних входів / виходів. Наявність аналогових входів / виходів. Послідовні порти обміну даними RS-485 і RS-232. Наявність порту Ethernet. Збільшення кількості дискретних і аналогових входів і виходів здійснюється за допомогою підключення зовнішніх модулів введення / виведення через будь-який з інтегрованих інтерфейсів.

Основні характеристики мікропроцесора наведені в таблиці 4.7.



Рисунок 4.9 - Контролер мікропроцесорний ПЛК154

Таблиця 4.7 - Основні характеристики мікропроцесорів

Назва перетворювача	Напряження живлення: є	Вх. Сигнал кількість (аналогові/дискретні)	Вих. сигнал (аналогові/дискретні)	Вартість, грн
МІК-51-07	90...240В переменного тока, с частотой 40... 70	4 – 4	4-4	9000
ПЛК154	90...264В переменного тока, с частотой 47... 63	4 – 4	4-4	9500

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів, а також їх вартість можна зробити висновок, що нам підходять обидва контролери, але МІК має найменшу вартість. Тому обираємо МІК.

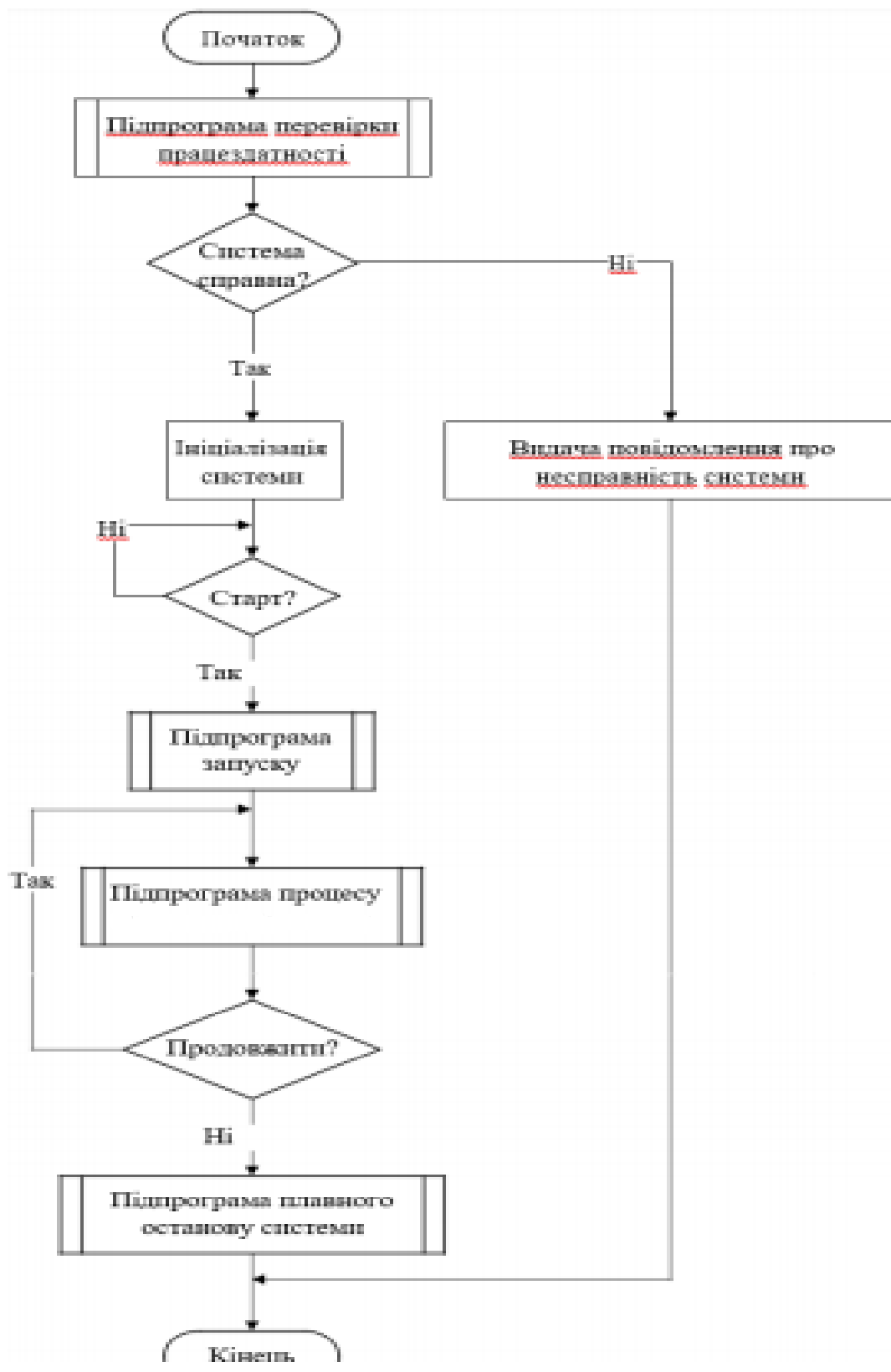
5 Алгоритм роботи системи

Опис алгоритму роботи системи

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на малюнку 5.1. Після включення живлення система перевіряє працездатність всіх пристроїв, а потім, в разі виявлення несправностей система буде видавати повідомлення про наявність помилки, після чого буде очікувати подальших рішень від оператора. У разі вдалої перевірки система виконує ініціалізацію всіх пристроїв і чекатиме команди старту роботи. Після надходження команди старту запускається програма запуску системи. Дана програма необхідна для того щоб уникнути аварійних ситуацій під час пуску. Коли програма запуску виконає повний запуск системи, система переключиться на основну програму, за якою і продовжує працювати.

Програма перевірки працездатності

Алгоритм перевірки працездатності представлений на рисунку 5.3. Початок система подає запит на готовності контролера і чекає відповіді в протягом деякого часу, до спрацьовування сторожового таймера. якщо контролер не відповідає протягом часу, то робиться висновок, що система непрацездатна, якщо ж все контролер відповідає на запит, то система переходить до перевірки датчиків, послідовно відправляючи запити кожному з них і чекаючи відповіді. Якщо один датчик не відповідає, система робить висновок про його несправність. Якщо всі датчики справні система виходить.



Малюнок 5.1 - Схема алгоритму роботи основної програми.

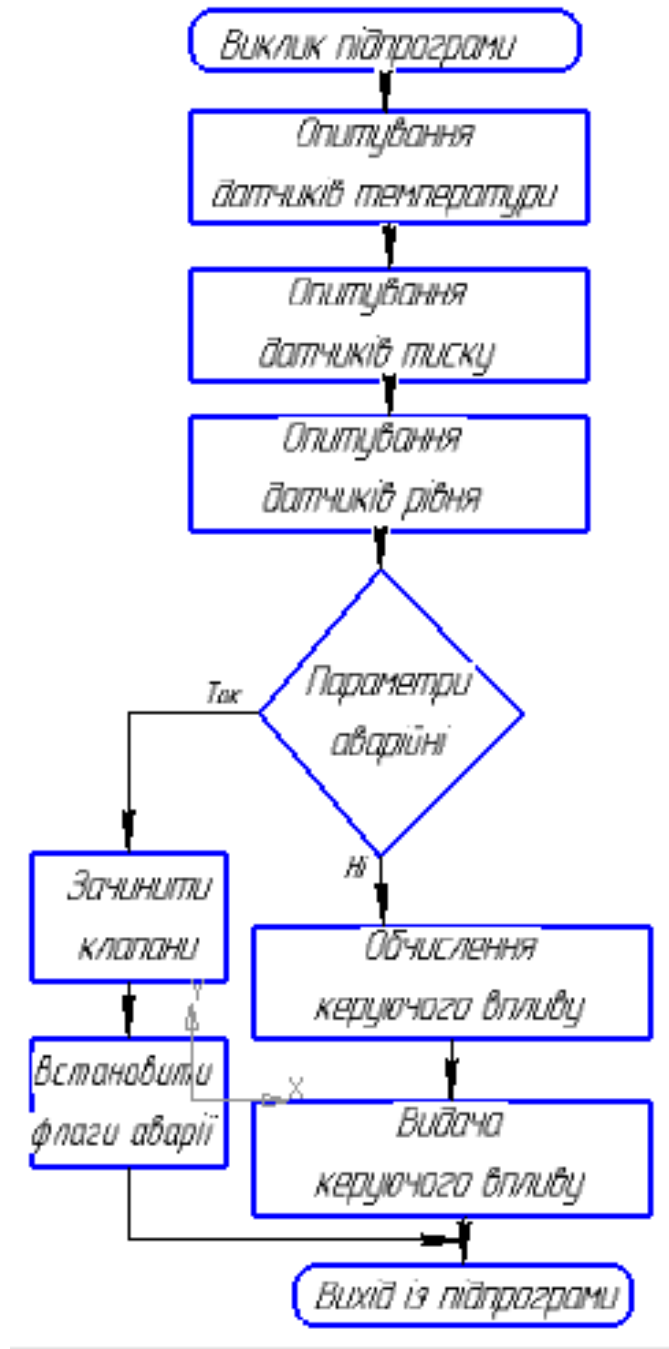


Рисунок 5.2 – Підпрограма сигналізації, керування технологічним процесом

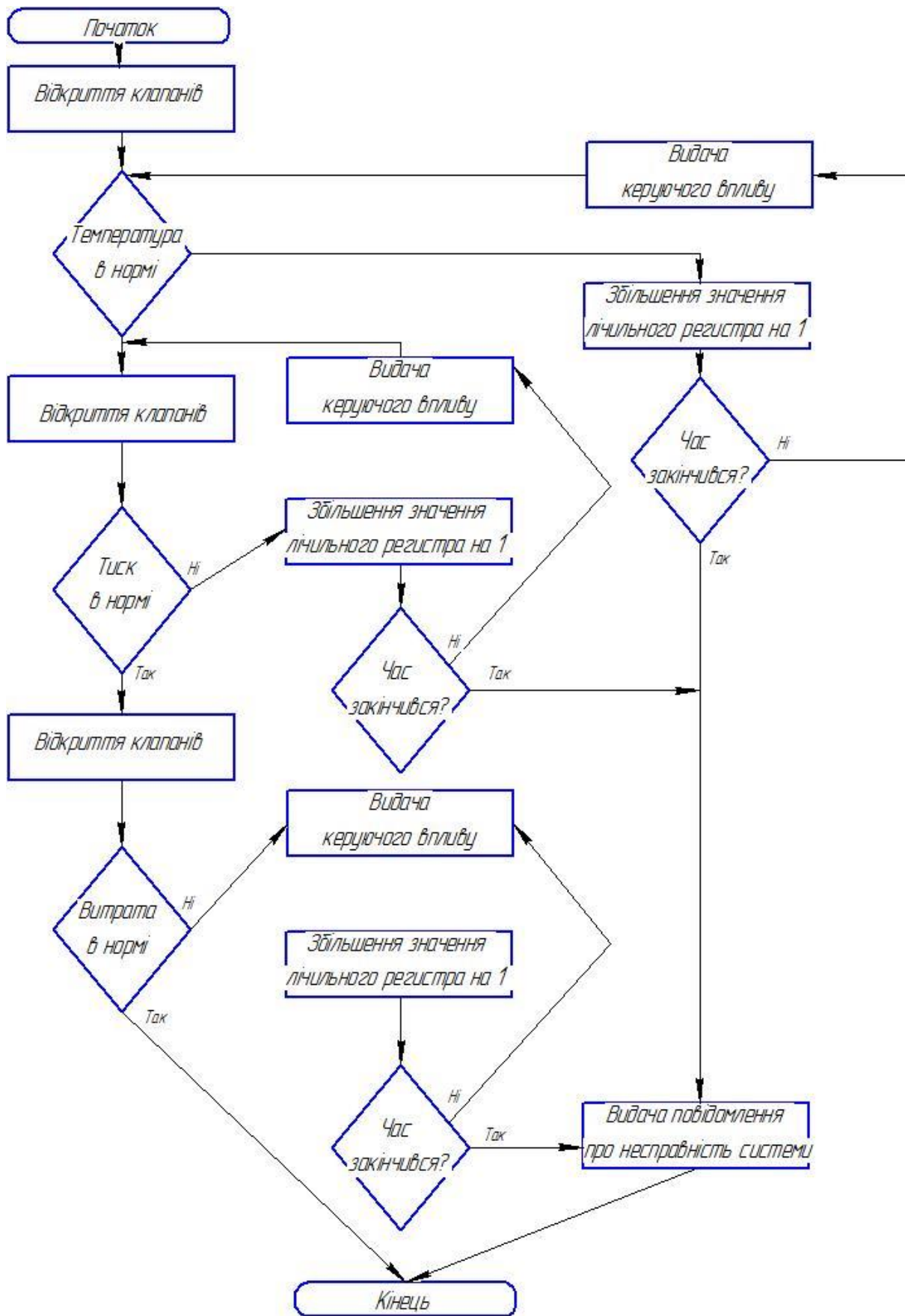


Рисунок 5.3 - Алгоритм перевірки працездатності системи

6 Розрахункова частина

6.1 Опис об'єкта моделювання

Технологічний процес виготовлення томатного соку здійснюється збірником. Від протікання цієї операції залежить якість соку. Об'єкт моделювання представлений на (рис.6.1) представляє собою контур регулювання рівня у збірнику подачею соку у резервуар. Трубопровід обладнаний регулюючим клапаном, виступає безпосереднім ОУ.

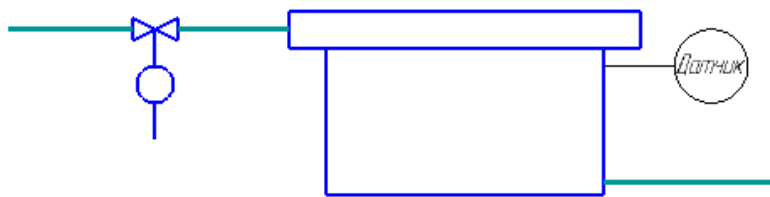


Рисунок 6.1 – Функціональна схема об'єкта моделювання

Вимоги до якості регулювання об'єкта управління:

- час перехідного процесу $\leq 10\text{с}$;
- перерегулювання $\leq 30\%$;
- ступінь загасання перехідного процесу $\Psi = 0,92$.

Передаточна функція об'єкту управління має вигляд:

$$W(s) = \frac{5.114}{3.272 * s^2 + 3.837 * s + 1}$$

Крива розгону ОУ представлена на рис 6.2

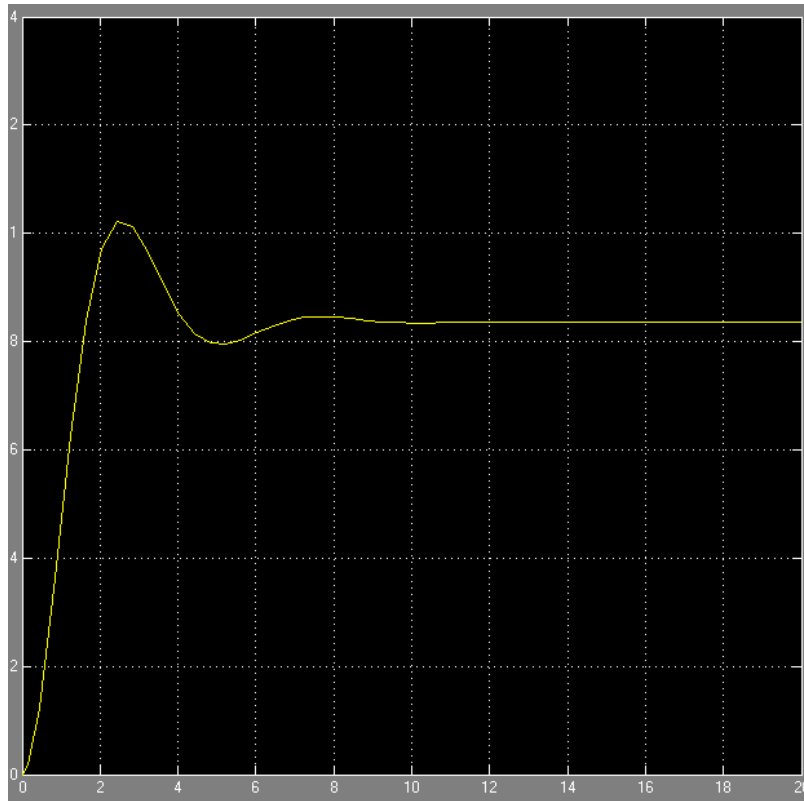


Рисунок 6.2 – Крива розгону ОУ

6.2 Аналіз стійкості САУ без наявності регулятора (корегуючого пристрою) за критерієм Гурвіца

6.2.1 Аналіз стійкості САУ без наявності регулятора

Замкнемо об'єкт керування одиничним зворотним зв'язком

$$W_3(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s)} = \frac{5.114}{3.272 * s^2 + 3.837 * s + 6.114}$$

Характеристичний поліном системи (вираз у знаменнику)

$$D(s) = 3.272 * s^2 + 3.837 * s + 6.114$$

Необхідна умова стійкості системи виконується, так як усі коефіцієнти її характеристичного полінома додатні (однакові). Проте ця умова є водночас і достатньою для стійкості системи, так як дана система є системою 2-го порядку. Отже, система стійка.

Для підтвердження цього виконаємо перевірку системи на стійкість за допомогою критерія Гурвіца.

Задля полегшення процесу складання головного визначника Гурвіца випишемо коефіцієнти характеристичного рівняння у порядку зростання, починаючи з нульового індексу: $\alpha_0=3,272$; $\alpha_1=3,837$; $\alpha_2=6,114$.

Складаємо головний визначник Гурвіца, індекс якого дорівнює старшій ступені характеристичного полінома досліджуваної системи

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} \alpha_1 & 0 \\ \alpha_0 & \alpha_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.837 & 0 \\ 3.272 & 6.114 \end{pmatrix}$$

Розраховуємо визначники Гурвіца (головний і нижчих порядків):

$$\Delta_1 = \alpha_1 = 3,837 > 0;$$

$$\Delta_2 = \alpha_2 * \Delta_1 = 6.114 * 3,837 = 23.45 > 0.$$

Так як усі визначники додатні і співпадають за знаком із знаком коефіцієнта $\alpha_0=3,272 > 0$, то робимо остаточний висновок про стійкість досліджуваної системи.

6.2.2 Побудова перехідної характеристики замкнутої системи та визначення основних показників якості

Для побудови перехідної характеристики замкнутої системи управління подамо на її вхід одиничний ступінчатий вплив, зображення якого

$$U(s) = \frac{1}{s}$$

Так як передаточна функція визначається як відношення зображень по Лапласу вихідного сигналу до вхідного, тобто $W_3(s)=Y(s)/U(s)$, то можемо записати

$$Y(s)=W_3(s)U(s) .$$

Таким чином маємо

$$Y(s) := \frac{5.114}{s \cdot (3.272 \cdot s^2 + 3.837 \cdot s + 6.114)}$$

За допомогою математичного пакету MathCad застосуємо зворотне перетворення Лапласа, яке і буде шуканою перехідною функцією, графік якої зображений на рис.6.3.

$$h(t) := Y(s) \begin{array}{l} \text{float, 3} \\ \xrightarrow{\text{invlaplace, s}} \end{array} 0.836 (0.418 \ 0.199i) e^{-(0.586 \ 1.23i) t} (0.418 \ 0.199i) e^{-(0.586 \ 1.23i) t}$$

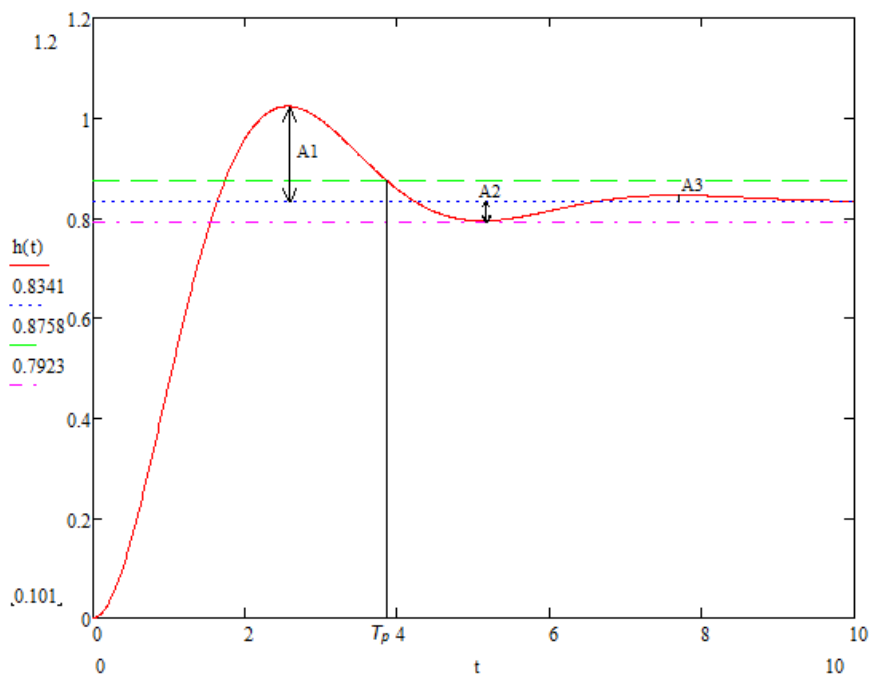


Рисунок 6.3 – Перехідна характеристика замкнутої системи

За графіком (рис.2) знаходимо основні показники якості перехідного процесу:

а) перерегулювання

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

де A1 – перше максимальне відхилення;

A2 – друге (від’ємне) максимальне відхилення.

За формулою розраховуємо σ

$$\sigma = \frac{1.02 - 0.8341}{0.8341} * 100\% = 23\%$$

б) час перехідного процесу

$$t_p=3,8 \text{ с,}$$

в) ступінь затування

$$\psi=1-\frac{A_3}{A_1},$$

де, A_3 – третє відхилення.

Розраховуємо $\psi=0,94$.

6.3 Синтез системи управління по каналу завдання методом логарифмічних частотних характеристик (методом Солодовнікова)

6.3.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

Попередньо проводимо аналіз передаточної функції об'єкта управління у наступному порядку:

1) з виразу знаходимо і записуємо постійні часу елементарних ланок $T_1=1,278 \text{ с, } T_2=2,558 \text{ с,}$ за якими визначаємо частоти сполучення і розташовуємо їх у порядку зростання

$$\omega_1 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2.558} = 0.39 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1.279} = 0.78 \text{ с}^{-1}$$

2) оскільки у складі передаточної функції об'єкту управління відсутні інтегруючі ланки, низькочастотна асимптота ЛАЧХ буде мати початковий нахил 0 дБ/дек;

3) фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ знаходиться на частоті $\omega=1$ на рівні, що визначається з наступного виразу

$$L_n(1) = 20 \cdot \lg(k) = 20 \cdot \lg(5,101) = 14 \text{ дБ,}$$

де k – коефіцієнт підсилення незмінної частини САУ.

Застосовуючи правила побудови асимптот, будуємо ЛАЧХ у наступному порядку:

1) від частоти сполучення ω_1 до частоти ω_2 будуємо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом $0-20=-20$ дБ/дек, так як частота ω_1 пов'язана зі співмножником вигляду $(Ts+1)^\alpha$ ($\alpha=1$) у знаменнику передаточної функції;

2) від частоти сполучення ω_2 будуємо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом $-20-20=-40$ дБ/дек, так як частота ω_2 пов'язана зі співмножником вигляду $(Ts+1)^\alpha$ ($\alpha=1$) у знаменнику передаточної функції.

Будуємо асимптотичну ЛАЧХ незмінної частини системи (рис.5, крива $L_n(\omega)$).

6.3.2 Побудова бажаної асимптотичної ЛАЧХ за Солодовніковим

6.3.2.1 Побудова низькочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ

Нахил і положення низькочастотної асимптоти ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ залежить від вимог, висунутих до статичної точності.

Бажана система не змінює порядку астатизму. З умови заданої статичної точності S_0 може бути розрахований коефіцієнт підсилення (добротність за швидкістю) розімкненого ланцюга системи (об'єкта управління і корегуючого пристрою)

$$k_v = \frac{1 - S_0}{S_0}$$

Не змінюючи нахилу низькочастотної асимптоти (0 дБ/дек), фіксуємо її нове положення

відносно осі абсцис на рівні

$$L_H(1) = 20 \lg(k_v) = 20 \lg\left(\frac{1 - 0.02}{0.02}\right) = 33.808 \text{ дБ}$$

6.3.2.2 Побудова середньочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ

а) Визначення частоти зрізу ω_z та побудова середньо частотної асимптоти бажаної ЛАЧХ

Для визначення мінімально допустимого значення частоти зрізу $\omega_{ср}$ ЛАЧХ бажаної системи використаємо одну з номограм Солодовнікова для статичних систем, яка встановлює відповідність між величиною максимального значення частотної характеристики P_{max} і величинами перерегулювання σ і часу перехідного процесу t_p .

За заданим значенням перерегулювання $\sigma=30\%$ за допомогою кривої $\sigma(P_{max})$ номограми (рис.6.4) знаходимо відповідне йому значення $P_{max}=1,62$, за яким за допомогою другої кривої $t_p(P_{max})$ (рис.6.5) визначаємо значення часу перехідного процесу t_p , виражене через частоту зрізу $\omega_{1с}$ співвідношенням $4,9\pi/\omega_{с}$.

Частоту зрізу $\omega_{1с}$ визначаємо з наступного рівняння

$$\omega_{1с} = \frac{4,9 * \pi}{t_p} = \frac{4,9 * \pi}{120} = 0,128 \text{ с}^{-1}$$

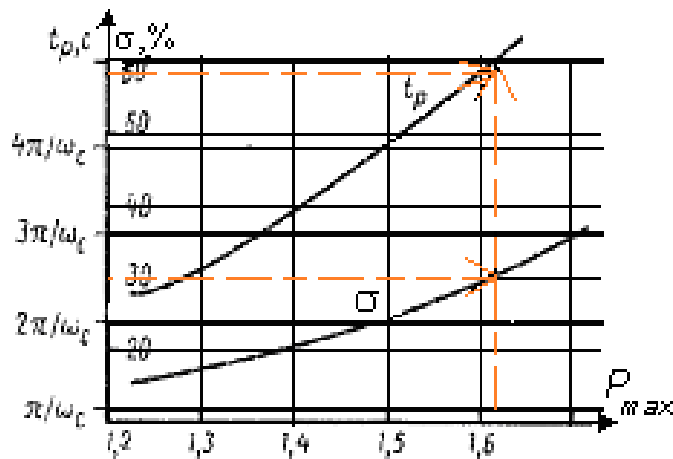


Рисунок 6.4 – Номограма якості Солодовнікова для статичних систем

Проводимо через точку $\omega_{1с}=0,128 \text{ с}^{-1}$ на осі частот середньо частотну асимптоту з нахилом -20 дБ/дек (рис.6.6).

б) Визначення діапазону частот середньочастотної частини ЛАЧХ

За номограмою (рис.4) та знайденим раніше значенням $P_{max}=1,62$ знаходимо необхідний запас по фазі $\gamma_{min}=28^\circ$ й відповідні йому ординати середньочастотної частини ЛАЧХ $L_m=\pm 9 \text{ дБ}$.

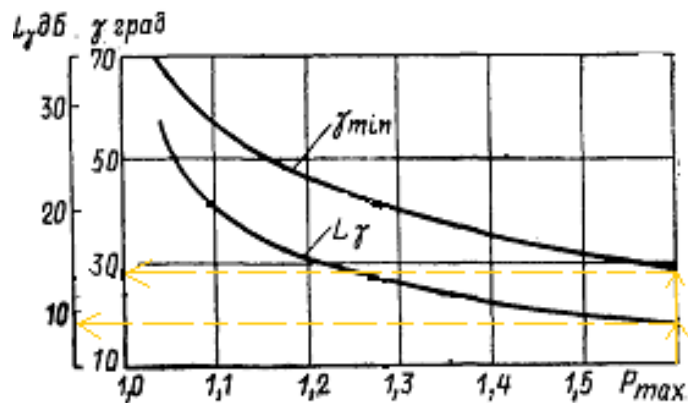


Рисунок 6.5 – Графік для визначення ширини середньо частотної асимптоти й

необхідного надлишку фази

Лінії, проведені паралельно осі частот на рівні $L_m = \pm 9$ дБ, дають у точках перетину із середньочастотною асимптотою частоти сполучення $\omega_{c1} = 0,04 \text{ c}^{-1}$ у низькочастотній частині бажаної ЛАЧХ і $\omega_{c2} = 0,4 \text{ c}^{-1}$ у високочастотній (рис.6.6).

в) Спряження низькочастотної і середньочастотної частин бажаної ЛАЧХ

Так як точка перетину низькочастотної і середньочастотної асимптот існує і знаходиться лівіше середньочастотної ділянки, то вона і визначає частоту спряження. За графіком (рис.6.6) визначаємо частоту спряження, що дорівнює $\omega_a = 2,4 * 10^{-3} \text{ c}^{-1}$.

г) Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ і спряження її із середньочастотною асимптотою

Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ виконується таким чином, щоб вигляд бажаної ЛАЧХ у цій області якомога менше відрізнявся від вигляду незмінної ЛАЧХ.

Середньочастотна асимптота перетинає незмінну ЛАЧХ правіше середньочастотної ділянки, тому цю точку обираємо у якості точки спряження з високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ. За графіком (рис.6.6) визначаємо частоту спряження, що дорівнює $\omega_b = 10,2 \text{ c}^{-1}$. При цьому ділянка незмінної ЛАЧХ, розташована правіше цієї точки, вважається високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ.

Побудована у такий спосіб бажана ЛАЧХ розімкнутої системи управління $L_{ж}(\omega)$ представлена на рис.6.6.

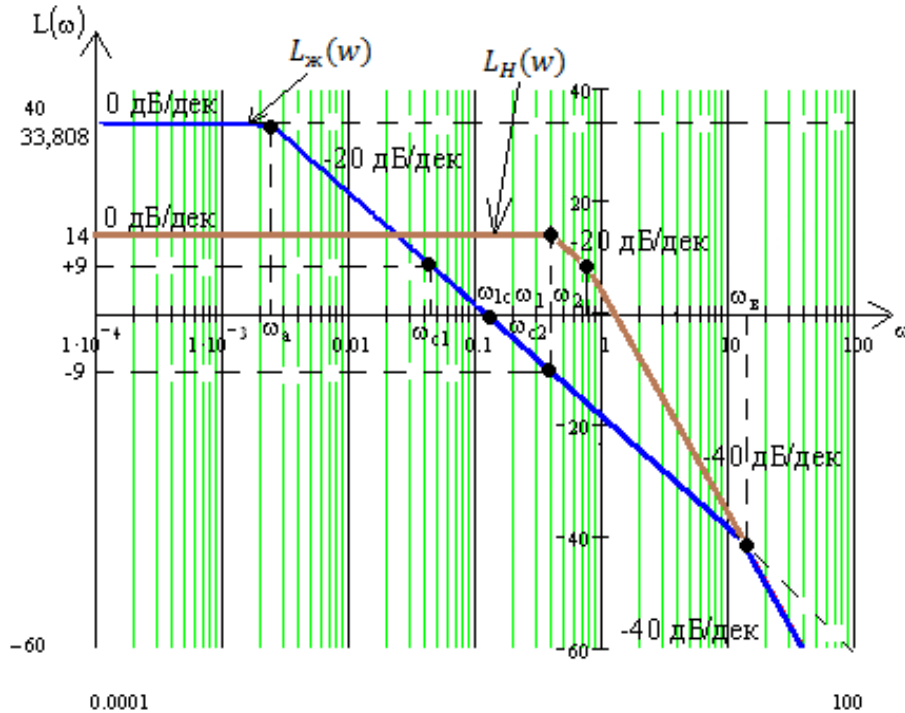


Рисунок 6.6 – Бажана і незмінна асимптотичні ЛАЧХ аналогової системи

6.3.4 Одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи

Для одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи $W_{ж}(\omega)$ за видом отриманої бажаної асимптотичної ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ застосуємо методу, що впливає з методики побудови асимптотичної ЛАЧХ за видом її передаточної функції:

- 1) визначаємо частоти сполучення ω_i побудованої бажаної ЛАЧХ $L_{ж}(\omega)$ і розташовуємо їх у порядку зростання: $\omega_a = 2,4 * 10^{-3} \text{ c}^{-1}$; $\omega_b = 10,2 \text{ c}^{-1}$;
- 2) визначаємо порядок астатизму бажаної системи за першим нахилом низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ. Так як перший нахил становить 0 дБ/дек, дана система статична;
- 3) визначаємо коефіцієнт підсилення розімкнутої системи, вимірявши ординату низькочастотної асимптоти $L_{ж}(\omega)$ на частоті 1 c^{-1} , із подальшим використанням формули

$$k = 10^{\frac{L_{ж}(w)}{20}} = 10^{\frac{33.808}{20}} = 49$$

4) знаходимо вирази для співмножників чисельника і знаменника передаточної функції розімкнутої системи, послідовно аналізуючи поведінку асимптотичної ЛАЧХ:

а) після частоти сполучення $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника

$$\frac{1}{\omega_a} \cdot s + 1 = \frac{1}{2,4 \cdot 10^{-3}} \cdot s + 1 = 416,667 \cdot s + 1$$

б) після частоти сполучення $\omega_b = 10,2 \text{ c}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника

$$\frac{1}{\omega_b} \cdot s + 1 = \frac{1}{10,2} \cdot s + 1 = 0,098 \cdot s + 1$$

Таким чином, передаточна функція бажаної розімкнутої системи матиме вигляд

$$W_{ж}(s) = \frac{49}{(416,667 \cdot s + 1) \cdot (0,098 \cdot s + 1)}$$

6.3.5 Визначення фактичного надлишку фази в області значущих частот бажаної ЛАЧХ

Для перевірки відповідності запасу стійкості тому, що вимагається, будемо у діапазоні $\omega_a < \omega < \omega_b$ одним з відомих способів (з використанням математичного пакету MatLab) логарифмічну фазочастотну характеристику бажаної розімкнутої системи (рис.6.7). Як видно з побудови (запас по фазі визначається на частоті зрізу системи) отриманий фактичний надлишок фази складає $\gamma = 92^\circ$, що цілком достатньо (перевищує той, що вимагається $\gamma_{\min} = 28^\circ$).

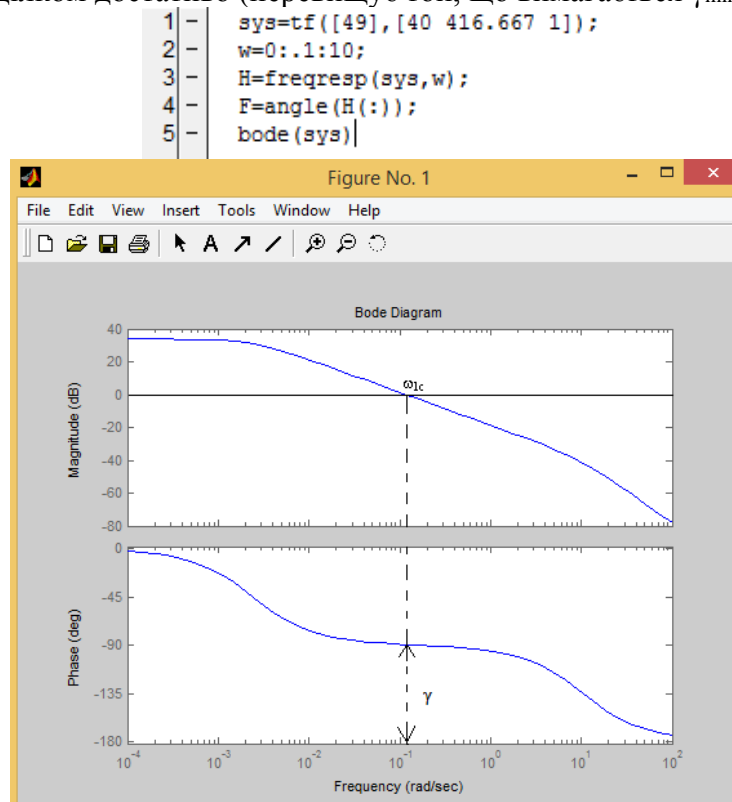


Рисунок 6.7 – ЛАФЧХ бажаної розімкнутої САУ

6.3.6 Моделювання синтезованої системи і визначення показників якості перехідного процесу

Використовуючи вираз передаточної функції бажаної (скоригованої) розімкнутої системи, одержуємо перехідну характеристику замкненої системи, яка представлена на рис.6.8. Для цього використаємо математичний пакет MathCad

$$W_r(s) := \frac{49}{(416.667 \cdot s + 1) \cdot (0.098 \cdot s + 1)}$$

$$W_z(s) := \frac{W_r(s)}{1 + W_r(s)}$$

$$h(t) := \frac{W_z(s)}{s} \Big|_{\text{float}, 1}^{\text{invlaplace}, s} \rightarrow 1 - 1 \cdot \exp(-5.10 \cdot t) \cdot \cosh(4.98 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-5.10 \cdot t) \cdot \sinh(4.98 \cdot t)$$

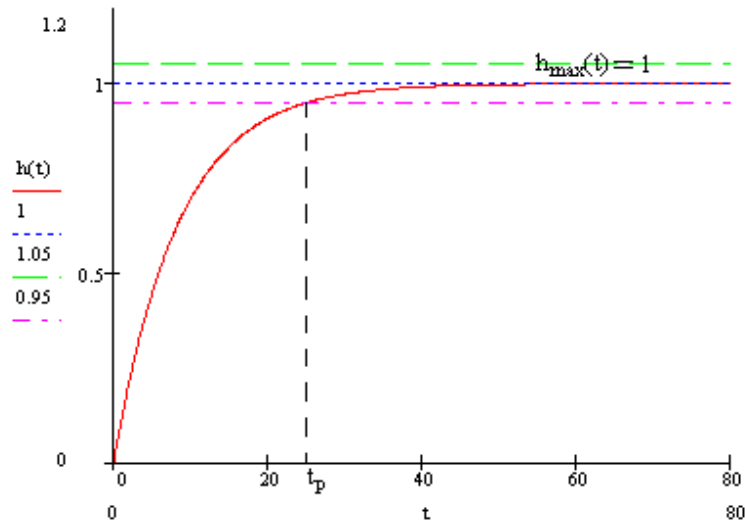


Рисунок 6.8 – Перехідний процес у скоригованій системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 25 \text{ с} = 0,42 \text{ хв};$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} 100\% = \frac{1 - 1}{1} 100\% = 0\%$$

Отримані показники якості перехідного процесу задовольняють заданим показникам, а значить, синтез виконано успішно.

6.4 Розрахунок параметрів настроювання стандартного регулятора

6.4.1 Побудова перехідної характеристики об'єкта управління

Таким чином маємо

$$Y(s) = \frac{5.114}{s * (1.279 * s + 1) * (2.558 * s + 1)}$$

За допомогою математичного пакету MathCad застосуємо зворотнє перетворення Лапласа, яке і буде шуканою перехідною функцією, графік якої представлений на рис.6.9.

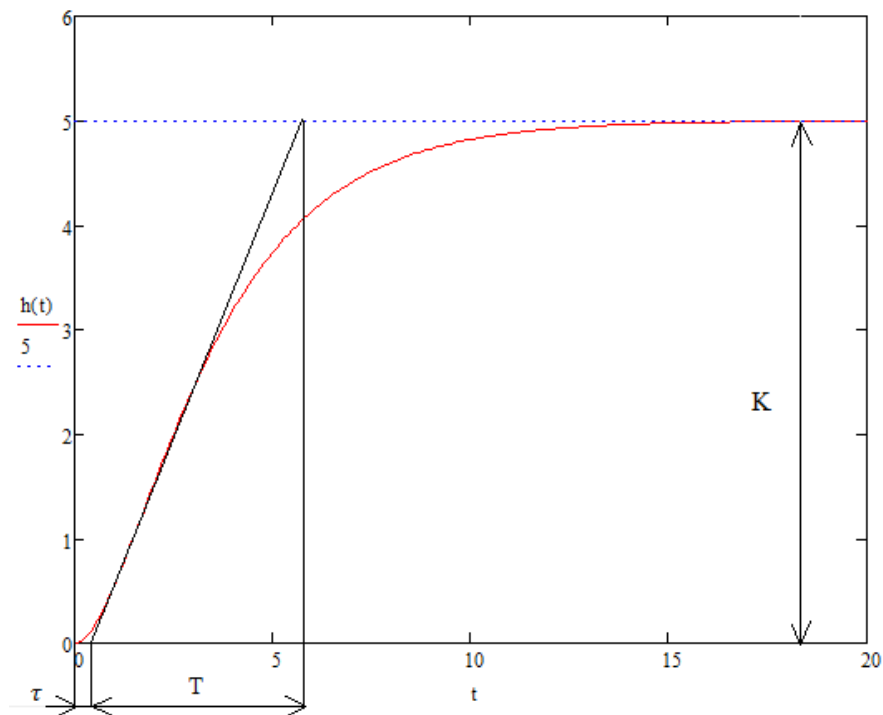


Рисунок 6.9 – Перехідна характеристика об’єкту управління

6.4.2 Апроксимація передаточної функції об’єкту управління аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням

Передаточна функція об’єкту управління і його перехідна характеристика (рис.6.9) вказують на те, що об’єкт є статичним із самовирівнюванням, а отже, його можна апроксимувати передаточною функцією вигляду

$$W_{oy}(s) = \frac{K_{oy} \cdot e^{-s \cdot \tau}}{T_{oy} \cdot s + 1},$$

де K_{oy} , T_{oy} – коефіцієнт підсилення та стала часу об’єкта управління; τ – чисте транспортне запізнення.

За графіком (рис.6.9) визначаємо вищезгадані сталі

$$\begin{aligned} K_{oy} &= 5, \\ T_{oy} &= 6,1 \text{ с}, \\ \tau &= 0,8 \text{ с}. \end{aligned}$$

Таким чином, апроксимована передаточна функція об’єкту управління має вигляд

$$W_{oy}(s) = \frac{5 \cdot e^{-0.8 \cdot s}}{6 \cdot s + 1}$$

6.4.3 Знаходження параметрів настроювань стандартного регулятора формульним методом

Використовуючи формульний метод [3], знаходимо параметри настроювань стандартного ПІ-регулятора, так як чисте транспортне запізнення відсутнє. Для цього застосовуємо формули настроювань ПІ-регулятора для статичного об’єкту, типовий процес регулювання – аперіодичний

$$k_p = \frac{0.6}{\frac{K_{oy} \cdot \tau}{T_{oy}}} = \frac{0.6}{\frac{5 \cdot 0.8}{6}} = 1.11$$

$$T_u = 0.6 \cdot T_{oy} = 0.6 \cdot 6 = 3.6 \text{ с}$$

Таким чином, отримуємо наступну передаточну функцію регулятора

$$W_p(s) = k_p * \left(1 + \frac{1}{T_u * s}\right) = 1.11 * \left(\frac{1}{3.6 * s}\right)$$

6.4.4 Визначення перехідної функції замкнутої системи та побудова перехідної характеристики
 Використовуючи визначені параметри регулятора і отриману передаточну функцію об'єкту управління, знаходимо передаточну функцію замкнутої системи

$$W_z(s) = \frac{W(s) * W_p(s)}{1 + W(s) * W_p(s)} = \frac{5.62 * s + 1.27}{3.272 * s^3 + 3.837 * s^2 + 6.114 * s + 1.27}$$

За допомогою математичного пакету MathCad будуюмо перехідну характеристику замкнутої систему управління з ПІ-регулятором (рис.6.10)

$$W(s) := \frac{5.101}{(1.278 \cdot s + 1) \cdot (2.555 \cdot s + 1)}$$

$$W_p(s) := 0.897 \cdot \left(1 + \frac{1}{3.66 \cdot s}\right)$$

$$W_z(s) := \frac{W(s) \cdot W_p(s)}{1 + W(s) \cdot W_p(s)}$$

$$W_p(s) := 0.897 \left(1 + \frac{1}{3.66 \cdot s}\right) \quad W(s) := \frac{5.114}{3.272 \cdot s^2 + 3.837 \cdot s + 1}$$

$$W_z(s) := \frac{W_p(s) \cdot W(s)}{1 + W(s) \cdot W_p(s)}$$

$$h(t) := \frac{W_z(s)}{s} \Big|_{\text{invlaplace}} \rightarrow -0.007 \cdot e^{-0.7 \cdot t} + 0.008 \cdot e^{-0.4 \cdot t} + -0.01 \cdot e^{-0.3 \cdot t} + -1.0 \cdot e^{-0.4 \cdot t} \cdot \cos(1.0 \cdot t) + -0.4 \cdot e^{-0.4 \cdot t} \cdot \sin(1.0 \cdot t) + 1.0$$

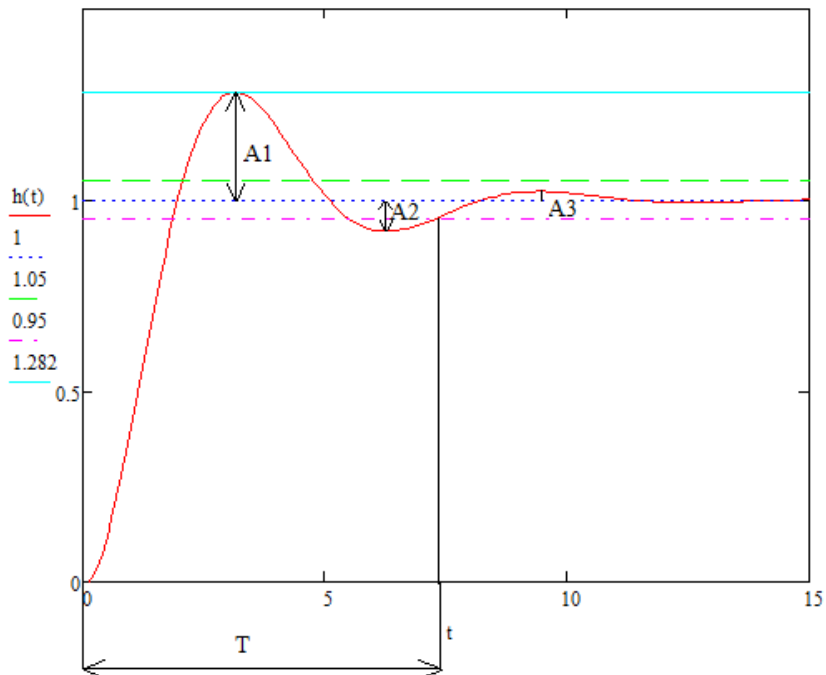


Рисунок 6.10 – Перехідна характеристика замкненої системи управління з ПІ-регулятором

За графіком (рис.6.10) знаходимо основні показники якості перехідного процесу:

- а) перерегулювання згідно із (2-7) $\sigma=28\%$,
- б) час перехідного процесу $T=7$ с,
- в) ступінь затухання $\psi=0,92$.

Знайдені оцінки якості свідчать про те, що отримана система задовольняє поставленим вимогам, а отже ці налаштування для ПІ-регулятора є задовільними.

7 Розробка проекту керування технологічним процесом виготовлення томатного соку в SCADA-системі Genesis 32

SCADA-система „Genesis 32”, що розроблена фірмою Iconics і працює під операційною системою Windows, є найбільш сучасною з програмного забезпечення АСУ ТП вищого рівня, тому ми її використовуємо для створення програмного забезпечення операторських станцій технологічного процесу виготовлення томатного соку. На відміну від багатьох SCADA-систем, що мають власний формат драйверів апаратури, або вбудовану підтримку апаратури певних виробників, SCADA-система "Genesis 32" є найбільш універсальним засобом. Крім цього, до складу пакету входить комплект розробника OPC ToolWorX 32, який дозволяє в короткий термін створювати власні OPC сервери. SCADA-система «Genesis 32» є комплексом 32 розрядних додатків для Windows, побудованих у відповідності зі специфікацією OPC. «Genesis 32» призначена для створення програмного забезпечення збору даних і оперативного диспетчерського керування верхнього рівня систем промислової автоматизації.

В SCADA-системі "Genesis 32" було розроблено проект керування технологічним процесом виготовлення томатного соку. На рисунку 7.1 наведено загальний вигляд проекту в режимі розробки.

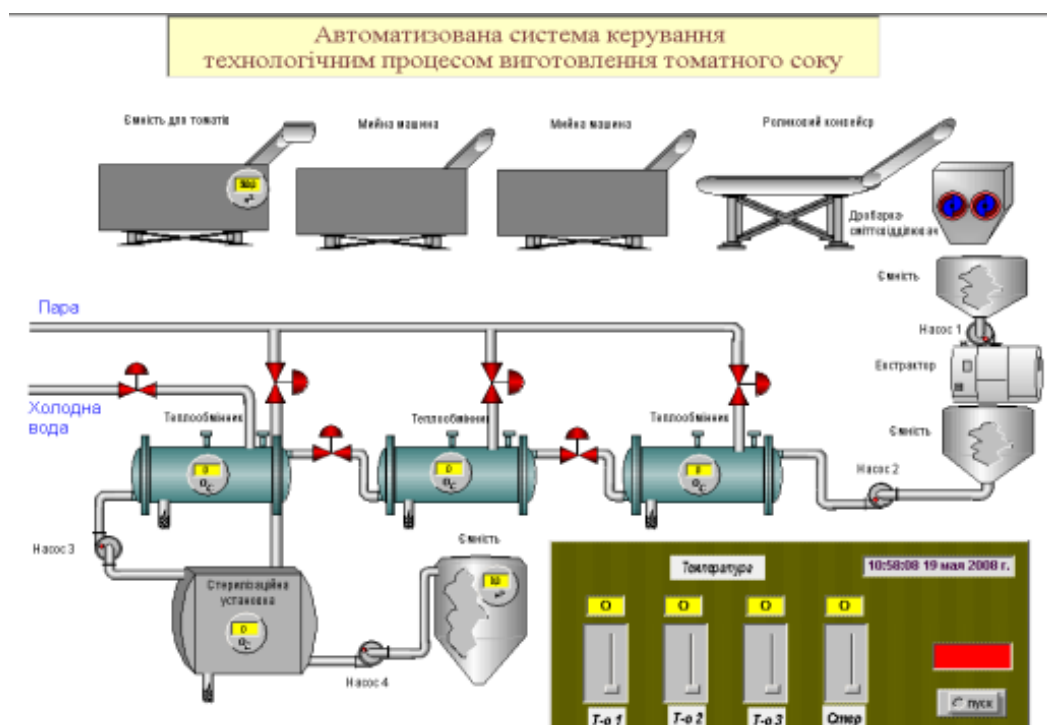


Рисунок 7.1 - Загальний вигляд проекту

ВИСНОВКИ

В даній роботі була розроблена система автоматичного керування лінією при виготовленні томатного соку. Впровадження системи автоматизації для даного процесу забезпечить значне покращення ефективності роботи і управління основними режимами процесу, що дозволяє збільшити продуктивність і якість виробленої продукції.

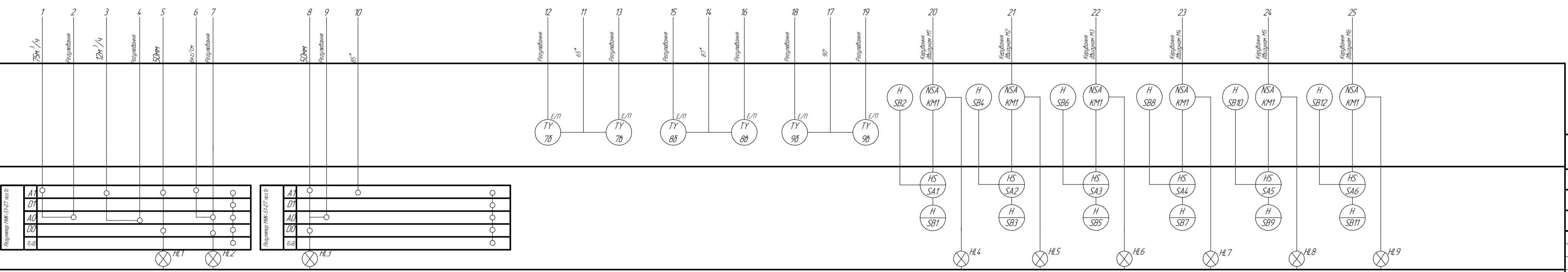
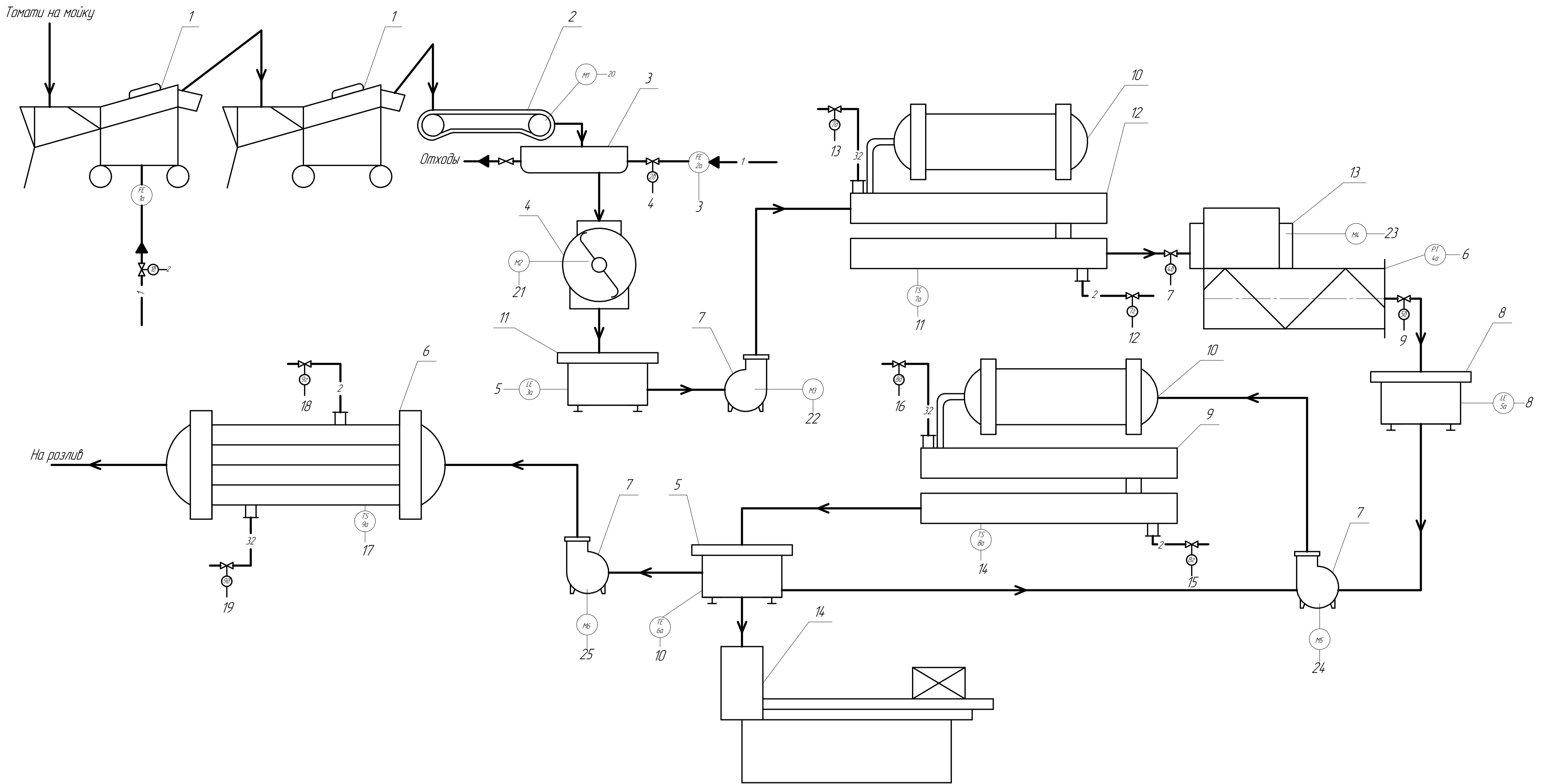
Керування всього технологічного процесу забезпечується за допомогою контролера МІК-51, що дозволяє в подальшому розширювати проектування АСУТП. Це підвищить оперативність регулювання параметрів у всіх режимах роботи і представлення робочому персоналу достовірної і своєчасної інформації про хід технологічного процесу і стан устаткування, полегшуючи тим самим його обслуговування.

Використання сучасних методів управління, а також сучасних технологій автоматизації дало можливість реалізувати нову технологію управління і підвищити ефективність виробництва, що призвело до:

- підвищення якості продукції;
- підвищення обсягів продукції;
- збільшення терміну служби обладнання;
- зниження собівартості продукції;

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі : В. Д. Черв'яков, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова. – Суми : Сумський державний університет, 2013р.
2. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Структурні, функціональні та принципові схеми / викладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006.
3. Худoley Г.М. Лекції з теорії автоматичного управління.
4. Каталог. Продукции ОВЕН, - М.: 2021. - 246 с
5. Методичні вказівки по оформленню курсових і дипломних проектів.
Інструктивні матеріали. Для студентів спеціальності 6.15100
"Комп'ютеризовані системи управління і автоматики" -Суми.: СумДУ, 2007
6. Зайцев Г.Ф. Теорія автоматичного управління і регулювання. – 1975р.
7. Теорія автоматичного керування. Попович М.Г., Ковальчук О.Б. Підручник для вузів. - К.: Либідь, 1997р.
8. Голубятников В.А., Шувалов В.В., Автоматизация производственных процессов в химической промышленности.- СПб.: Химия, 1985. - 342 с.
9. https://www.wika.ua/fls_ru_ru.WIKA
10. <https://promenergia.com.ua/avtomatyzatsiya/kontrolery/>
11. Автоматика и управление в технических системах. В 11 кн. / Отв. ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич.-Кн.1. Электрические элементы систем управления промышленными работами / А.А. Краснопрошина и др. - К.: Вища шк., 1990. - 479 с



Позначення	Найменування
— 1 —	Вода
— 2 —	Гаряча вода
— 32 —	Вода відпрацьована

СУ-71ш-8.6.1510002.A2		
Изм. Лист	№ док.м.	Подп. Дата
Разрад	Грибченко О.С.	
Проб.	Худалець Г.М.	
Т.контр.		
Н.контр.		
Утв.	Худалець Г.М.	

Система управління технологічною лінією виробництва томатного соку		
Схема функціональна		
Лист	Листов	1
ШСЦМДЦ		
СУ-71ш-8		
Формат А1		

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25