

Гайдамаха Оксана Петрівна, гр.КАм-61

Розробка та дослідження автоматизованої системи виробництва  
картопляного крохмалю

Керівник: Коноваленко І.В.

Тернопіль 2019

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить \_\_\_ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає \_\_\_ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – \_\_\_ друкованих сторінок формату А4.

В роботі використано \_\_\_ літературних джерел.

В процесі виконання магістерської роботи було проаналізовано основні аспекти реалізації процесу сушіння крохмалю. Було визначено основні параметри, які впливають на якість продукції.

Зокрема встановлено, що головними характеристиками оптимізації є забезпечення оптимальних умов роботи електроприводів транспортерів, шнеків. Їхні погані теплові режими роботи можуть значно сповільнити процес виробництва та привести до значних матеріальних втрат.

З цією метою було побудовано автоматизовану систему керування на базі програмованого логічного контролера, яка забезпечує регулювання температури сушіння крохмалю та кортнює роботу усіх електроприводів системи.

Також у рообті було вивчено режими навантаження асинхронного приводу при його роботі в системі подачі та визначено параметри його оптимальної роботи.

Впровадження результатів роботи дозволить збільшити ефективність викоистання обладнання, зменшити навантаження на нього та економити енергоресурси.

Ключові слова: КРОХМАЛЬ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, СУШІННЯ, КОНТРОЛЕР.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	8
1.1 Отримання сирого картопляного крохмалю .....	8
1.2 Зберігання картоплі.....	10
1.3 Доставка, миття та зважування картоплі.....	11
1.4 Подрібнення картоплі на тертковим машинах - отримання кашоподібної суміші .....	11
1.5 Виділення картопляного соку з кашки.....	12
1.6 Виділення вільного крохмалю, відділення і промивання мезги.....	13
1.7 Рафінування крохмальної суспензії.....	14
1.8 Отримання модифікованих крохмалів.....	17
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	22
2.1. Характеристика сировини та напівфабрикатів .....	22
2.2. Стадії процесу виробництва картопляного крохмалю.....	25
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	34
3.1 Розробка структури системи керування процесом.....	34
3.2 Розрахунок конвективної сушильної машини.....	38
3.3 Характеристика давача вологості ZS-96A .....	47
3.4 Принцип вимірювання вологості в процесі сушіння .....	47
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b> .....	51
4.1. Ідентифікація моделювання параметрів системи транспортування з асинхронним приводом.....	51
4.2. Розрахунок параметрів транспортера для транспортування крохмальної каші..	55
4.3. Оптимізація систем дозування на базі транспортера з асинхронним приводом...	63
<b>5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	68
5.1 Система контролю програмна реалізація.....	68
<b>6. ОБГРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b> .....	75
6.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи.....	75
6.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	76
6.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	79
6.4 Розрахунок витрат на електроенергію.....	80
6.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань .....	81
6.6 Обчислення накладних витрат.....	82

<i>6.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи.....</i>	<i>83</i>
<i>6.8 Розрахунок ціни розробки системи.....</i>	<i>84</i>
<i>6.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень .....</i>	<i>85</i>
<b>7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>87</b>
<i>7.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління .....</i>	<i>87</i>
<i>7.2 Електробезпека .....</i>	<i>89</i>
<i>7.3 Розрахунок заземлення .....</i>	<i>92</i>
<b>8 ЕКОЛОГІЯ.....</b>	<b>96</b>
<i>8.1 Екологізація виробництва .....</i>	<i>96</i>
<i>8.2 Зниження енергоємності та енергозбереження. ....</i>	<i>97</i>
<i>8.3 Джерела електромагнітних полів, іонізуючого випромінення та методи їх знешкодження. ....</i>	<i>99</i>
<b>ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>101</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>102</b>

## ВСТУП

Рослини, що є джерелами крохмалю, завжди були важливою частиною раціону травлення людини, що дає 70-80% споживаних калорій. Завдяки широкій поширеності цих рослин, а також із-за низької вартості, легкості модифікації і поновлюваності джерел недивно, що знайшлося багато способів нехарчового застосування крохмалю. В даний час крохмаль використовується в покриттях, пенах, наповнювачах, пластиках, клеях і модифікаторах в'язкості.

Найбільшим споживачем крохмалів є паперова промисловість, яка одержує більше 60% всього крохмалю, що виробляється. Ще 15% використовує харчова промисловість і стільки ж - всі інші, разом узяті, споживачі.

Немодифіковані і модифіковані крохмалі і глюкоза використовуються в харчовій промисловості з однією або декількома з наступних цілей:

- Безпосередньо як клейстеризований крохмаль, кисіль і тому подібне
- Як загусник, завдяки в'язким властивостям (у супах, дитячому харчуванні, соусах, подливах і так далі)
- Як наповнювач, що входить до складу твердого вмісту супів, пирогів
- Для зв'язування, закріплення маси і запобігання висиханню в процесі приготування ковбаси й м'ясних продуктів.
- Як стабілізатори, завдяки високій здатності крохмалю утримувати вологу.

Використання в харчовій промисловості

Виробництво хлібобулочних виробів. Хоча крохмаль і так є основним компонентом муки, мистецтво хлібопечення у великій мірі залежить від

характеристик білка муки. Крохмаль використовується в печиві, збільшуючи об'єм і додаючи хрусткість.

Виробництво кондитерських виробів. Основне застосування крохмалю в кондитерській промисловості полягає у виробництві карамелей, кондитерської маси і інших видів солодоців як інгредієнт і при виготовленні виробів з розплаву або для посипання солодоців, щоб запобігти їх злипанню.

Використання в паперовій промисловості. Паперова промисловість є найбільшим споживачем крохмалю, завдяки його специфічним властивостям, а також щодо низької ціни і поновлюваності ресурсів. Різні види крохмалю використовуються на різних стадіях виробництва паперу:

- Використовується для підвищення міцності паперу, для додавання пружності і стійкості до стирання і зламу; також додавання крохмалю в паперову масу сприяє утриманню наповнювача.

- Для поліпшення зовнішнього вигляду і друкарських властивостей паперу, збільшення міцності.

- У виробництві картону крохмаль застосовується як для проклеювання плоских шарів, так і для склеювання листів гофрокартона.

Виробництво клеїв. Крохмаль є поширеною основою для виробництва клеїв, який найчастіше застосовується для склеювання паперу до таких матеріалів, як скло, мінеральна вата і глина. Крохмаль, крім того, може служити таким, що прекрасно склеює такі непаперові матеріали, як вугілля і вугільні брикети, мінеральна вата в стельових керамічних елементах.

Найчастіше для приготування клею використовують кукурудзяний, картопляний крохмалі.

Крохмаль - харчовий продукт, білий під мікроскопом зернистий порошок, нерозчинний в холодній воді, в гарячій воді набухає, утворює колоїдний розчин (крохмальний клейстер).

Крохмаль є кінцевим продуктом асиміляції вуглецю рослинами, їх резервною поживною речовиною. Крохмаль відкладається в цибулинах, бульбах, плодах, ягодах, а також в листі та стеблах.

Крохмаль складає основну частину найважливіших продуктів харчування: муки - 75-80%, картоплі - 25%. Міститься також в пшениці, кукурудзі, рисі та ін. Він легко перетравлюється в шлунково-кишковому тракті. У шлунковому тракті крохмаль піддається гідролізу і перетворюється на глюкозу, яка засвоюється організмом.

Крохмаль не має смаку. Володіє відмінною властивістю розчинятися у воді.

## 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Сучасна крохмальна промисловість - важлива галузь народного господарства. Підприємства випускають сухий крохмаль, глюкозу, різні види крохмальної патоки, модифіковані крохмалі, декстрин, глюкозофруктозні сиропи та ін. Асортимент продукції, що виробляється становить десятки найменувань. Крохмаль та крохмалепродукти використовують в різних галузях харчової промисловості - кондитерської, хлібопекарської, консервної, молочної, пищеконцентратної, а також в медичній, текстильній, поліграфічній, паперовій та ін.

Підприємства, які переробляють картоплю і кукурудзу, отримують вирий крохмаль вологістю 50 ... 52%. Такий крохмаль зберігатися не може, так як є прекрасним середовищем для розвитку мікроорганізмів, він закисає. Тому сирій крохмаль на цих же або на інших підприємствах переробляють в сухий вологістю для картопляного 20%, або використовують для виготовлення патоки, глюкози і інших крохмалепродуктів.

### 1.1 Отримання сирого картопляного крохмалю

Сировиною для виробництва картопляного крохмалю служить картопля. Хімічний склад бульб картоплі коливається в досить широких межах і залежить від сорту картоплі, кліматичних, ґрунтових та інших умов. Середній хімічний склад картоплі (%): вода - 75; сухі речовини - 25, в тому числі крохмаль-18,5, азотисті речовини - близько 2, клітковина -1, мінеральні речовини - 0,9, цукру - 0,8, жир - 0,2 та інші речовини (пектини, пентозани і ін.) -1,6. Вміст крохмалю в бульбах картоплі коливається від 8 до 29%. Вода в картоплі міститься в двох станах: у вільному (78%) і пов'язаному (22%). Вільна вода розчиняє всі водорозчинні речовини картоплі - цукру, солі кислот, азотисті речовини та інші, утворюючи клітинний сік; колоїдно-



зв'язана вода розчинником не є, і її властивості істотно відрізняються від звичайної води.

У бульбах картоплі може міститися від 0,46 до 1,72% Сахаров, представлених переважно сахарозою, є також глюкоза і фруктоза. Зберігання картоплі при зниженій температурі призводить до збільшення вмісту Сахаров до 5%, зниження виходу крохмалю і збільшення втрат сухих речовин картоплі.

У картоплі міститься від 0,52 до 1,77% клітковини. Чим вищий вміст клітковини, тим товщі клітинні стінки картоплі, тим важче картопля стирається на тертковим машинах і, отже, тим вище буде вихід мезги і втрати крохмалю з мезгой. Пентозани і пектинові речовини, які разом з клітковиною входять до складу клітинних стінок картоплі, складають від 0,74 до 0,95%. В процесі зберігання картоплі пектинові речовини під дією ферменту протопектінази можуть переходити в розчинну форму, що призводить до розм'якшення тканин картоплі і створює труднощі у виробництві крохмалю.

До складу картоплі входять органічні кислоти - лимонна, щавлева, яблучна, молочна, але переважає лимонна кислота. Загальна титруемая кислотність картоплі обумовлена також наявністю в його складі кислих фосфатів, рН картопляного соку 5,8 ... 6,6. Кислотність картоплі різко зростає при його мікробіологічній псуванню в процесі зберігання, що негативно позначається на ході технологічного процесу.

У картоплі міститься від 0,7 до 4,6% азотистих речовин, які на 60% представлені білковими сполуками. Білки картоплі повноцінні за амінокислотним складом, 40% азотистих речовин картоплі - небілкові азотисті сполуки. У міру дозрівання бульб вміст азотистих речовин в них знижується, що позитивно позначається на ході технологічного процесу, так як білок, будучи хорошим піноутворювачем, ускладнює відділення домішок від крохмалю і знижує його якість. Крім перерахованих речовин в картоплі міститься глікозид соланін в кількості від 2 до 10 мг на 100 г сирі картоплі.

Його зміст різко збільшується при зберіганні картоплі на світлі, коли він набуває зелене забарвлення. Вживати таку картоплю в їжу не можна. Соланін також є сильним піноутворювачем і ускладнює процес очищення крохмалю від домішок.

У картоплі міститься від 10 до 30мг% вітаміну С, невелика кількість вітамінів групи В і каротиноїдів. Зола картоплі становить від 0,4 до 1,9%, в ній переважають сполуки калію (72%), фосфору (20%), а також містяться натрій, кальцій, магній і залізо. Приблизно 75% зольних сполук розчиняються у воді і при виробництві крохмалю губляться зі стічними водами, частина нерозчинних з'єднань залишається в меззі, частина - в крохмалі, впливаючи на в'язкість і здатність, що клеїть крохмального клейстеру.

Принципова технологічна схема отримання сирого картопляного крохмалю (рис. 1) складається з наступних етапів: зберігання картоплі; доставка картоплі на завод; мийка, картоплі; зважування картоплі; тонке подрібнення картоплі - отримання кашки; виділення картопляного соку з кашки; виділення вільного крохмалю з кашки; відділення і промивання мезги; рафінування крохмального молока; промивання крохмалю.

## **1.2 Зберігання картоплі**

Підприємства, які переробляють картоплю, працюють сезонно. До подачі на виробництво картоплю зберігають у буртах при температурі 2 ... 8 ° С. На зберігання закладають тільки здорові бульби. При зберіганні картопля дихає. Зберігати картоплю понад 5-7 міс. недоцільно, так як це призводить до

### **1.3 Доставка, миття та зважування картоплі**

Картопля подають у виробництво за допомогою гідравлічного транспорту.

Процесу мийки картоплі надається дуже велике значення, так як домішки (пісок, каміння, солома) ускладнюють роботу обладнання і можуть викликати його поломку. Крім того, на наступних стадіях технологічного процесу картопля не очищають від шкірки і частки землі і піску, що залишилися на поверхні картоплі, в подальшому можуть перейти в крохмаль і знизити його якість. Картопля миють у мийних машинах комбінованого типу. У камерах з високим рівнем води відокремлюють солону та інші легкі домішки, в камерах з низьким рівнем води видаляють землю; в сухих камерах вода, не затримуючись, стікає в грязьову канаву. Мийні машини забезпечені ботво-, піско- і Каменеловушки. На великих заводах широкого поширення набула мийна машина КМЗ-57М. Тривалість процесу мийки в ній становить 10 ... 14 хв, витрата води - 200 ... 400% до маси картоплі. Для обліку маси переробленого картоплі проводиться зважування відмитих бульб на автоматичних вагах з відкидним днищем, забезпечених спеціальним лічильником, реєструючим масу зваженого картоплі наростаючим підсумком.

### **1.4 Подрібнення картоплі на тертковим машинах - отримання кашоподібної суміші**

Крохмаль міститься всередині клітин картоплі у вигляді крохмальних зерен. Щоб витягти його, необхідно розкрити клітинні стінки. Для цього картоплю подрібнюють на тертковим машинах. Крохмаль, звільнений з розірваних клітин, називають вільним, крохмаль, що залишився в не

розірвалися клітинах, - пов'язаним. Продуктивність тертковим машин від 0,7 до 6 т картоплі на годину. Ефективність роботи картофелетерочної машини залежить від окружної швидкості барабана. Терткові машини з окружною швидкістю близько 50 м / с забезпечують високий коефіцієнт подрібнення картоплі.

$$K = A - 100 / (A + B),$$

де А-зміст вільного крохмалю в кашки,%; У -Зміст пов'язаного крохмалю в кашки,%.

На сучасних підприємствах коефіцієнт подрібнення досягає 85 ... 95%, в тому числі 79 ... 85% при першому подрібненні і 6 ... 10% при повторному подрібненні (перетир). При першому подрібненні картоплі використовують пилки з висотою зубів 1,5 ... 1,7 мм, при повторному подрібненні картопляної кашки - пилки з висотою зубів 1,0 мм.

### **1.5 Виділення картопляного соку з кашки**

Отримана після стирання картопляна кашка являє собою суміш, що складається з розірваних клітинних стінок картоплі (мезги), крохмальних зерен і картопляного соку. Контакт соку з крохмалем погіршує якість крохмалю, викликаючи його потемніння в зв'язку з окисненням тирозину за участю поліфенолоксидази; знижує в'язкість крохмального клейстеру; сприяє утворенню піни, слизу та інших небажаних явищ. У зв'язку з цим картопляний сік необхідно швидко виділити з кашки при мінімальному його розведенні. Цю операцію здійснюють на осадительной шнековой центрифугі типу ОГШ, яка складається з двох барабанів - зовнішнього і внутрішнього. Обидва барабана обертаються в одну сторону, причому внутрішній барабан обертається з випередженням на 15 ... 25 с-1. Картопляна кашка надходить в простір між барабанами, де під дією відцентрової сили відбувається її поділ на дві фракції: легка фракція - картопляний сік виводиться з центрифуги

через зливні вікна, а важка фракція - крохмаль за рахунок різниці в обертанні барабанів виводиться шнеком, розташованим на зовнішній поверхні внутрішнього барабана, розбавляється водою і видаляється у вигляді крохмального молока визначеної щільності.

### 1.6 Виділення вільного крохмалю, відділення і промивання мезги

Відразу після осаджувальних центрифуг кашку направляють на ситову станцію заводу. Головне завдання ситової станції - максимальне виділення вільного крохмалю з мезги, рафінування крохмального молока і отримання крохмального молока досить великій концентрації. В даний час для виділення з кашки мезги використовують відцентрові ситові апарати - барабанно-струменеві сита (БСС) та відцентрової-лопатеві сита (ЦЛС). Барабанно-струминне сито (рис.2) складається з обертового перфорованого конічного барабана 2, до внутрішньої поверхні якого кріплять металеві рамки у вигляді секторів, обтягнутих однією або двома сітками з різними розмірами вічок.

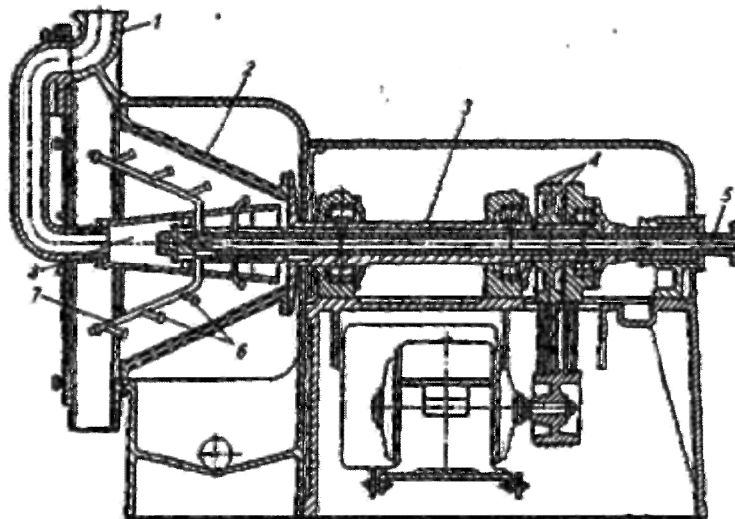


Рисунок 1.1 – Сито барабанного типу, за струменевим промиванням

Кашка подається через трубу 1 і живильник 8 в вершину ситового конуса. Барабан обертається з частотою 900 с-1. Під дією відцентрової сили кашка рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні барабана і просувається до більшого його основи. Назустріч руху кашки подається вода або рідке крохмальної молоко через вал 5, який обертається

ться всередині вала 3. Струменевий ротор-зрошувач складається з колектора 7 і розбризкують сопел 6. Привід 4 забезпечує випередження обертання ротора-зрошувача на 50 с-1 в порівнянні з частотою обертання барабана 2. Вода під тиском 0,2 ... 0,25 МПа утворює проти руху кашки водяний шнек, що затримує її просування по ситі і сприяє відмиванню вільного крохмалю.

Відцентрово-лопатеві сито (ЦЛС) за своїм устроєм нагадує відцентровий насос. Лопатки робочого колеса замінені на сита-пластинки, увігнуті по напрямку обертання. Під кожним ситом розташовані: три маленькі камери. Кашка надходить в ротор ЦЛС під тиском, яке розвивається завдяки відцентровій силі, і тече по ситам. Крохмальної молоко, проціджуючи крізь сито, стікає в камери, розташовані під ситами, а потім віддаляється. Мезга переміщається по поверхні сит від центру апарату і також виводиться з нею. Для відмивання вільного крохмалю кашка послідовно надходить спочатку на барабанно-струменевий, а потім на відцентрово-лопатевої ситові апарати і направляється на повторне подрібнення (перетир), після чого її знову промивають на БСС і ЦЛС.

### **1.7 Рафінування крохмальної суспензії**

Після виділення мезги на ситових апаратах або гідроциклонах крохмальна суспензія містить деяку кількість дрібної мезги (4 ... 8%), водорозчинних речовин (0,1 ... 0,5%) і сильно розведеного картопляного соку. Тому її піддають рафінування. Для цього використовують відцентрові

сита, гідроциклони або дугові сита. Концентрація крохмальної суспензії, що надходить на рафінування, повинна бути 12 ... 14%, а рафінованої суспензії - 7 ... 9%.

Рафінування крохмальної суспензії на відцентрових ситах проводять в дві ступені, потім піну гасять на спеціальному пристрої, пісок видаляють на гідроциклонах. Отримана таким чином згущена суспензія крохмалю надходить в гідроциклони для промивання та осадження крах мала. Цю операцію проводять у три щаблі, далі крохмаль зневоднюють на вакуум-фільтрах і висушують. Принцип дії гідроциклону простий.

Крохмальної молоко під тиском 0,15 МПа надходить в гідроциклон тангенціально по дотичній по трубі 1, при цьому поступальний рух продукту без ударів і завихрень перетворюється в обертальний, розвивається велика відцентрова сила під дією якої важкі частки (крохмаль) відкидаються на внутрішню поверхню конуса і сповзають вниз, до дюзу згущеного сходу 3. Легка фракція продукту (рідкий сход) витісняється згущеною фракцією, піднімається до дюзу рідкого сходу 2 і виводиться з нього. Габаритні розміри мікрогідроциклонов залежать від розмірів частинок, що розділяється суміші. У картоплі-крохмальної виробництві застосовують мікрогідроциклони з внутрішнім діаметром циліндричної частини 20 мм, висотою конуса 92 мм і кутом конуса близько 12 °. Діаметр вхідного круглого сопла 3,3 мм.

Продуктивність одного мікрогідроциклона невелика, тому їх об'єднують в мультициклони - батареї гідроциклонів, що складаються з великої кількості паралельно працюючих мікрогідроциклонов.

Рафінування крохмальної суспензії можна проводити також на дугових ситах. Слабонапорное дуговое сито марки РЗ-ПРД складається з ситової поверхні 3, укріпленої на рамці, вставленої в корпус 1. Продукт під невеликим тиском через живильник 2 надходить зверху вниз на ситову поверхню. Крохмальна суспензія проходить крізь сито і збирається в корпусі

1, а мезга сповзає в нижню частину ситової поверхні і виводиться з нього. Процес рафінування крохмальної суспензії ведуть в дві ступені.

Дрібну мезгу промивають на ситах в три ступені. Щоб отримати крохмальної молоко досить високій концентрації, на ситовій станції заводу багаторазово використовують розбавлене крохмальної молоко, а процес ведуть за принципом протитечії.

Вихід і коефіцієнт вилучення крохмалю. Ставлення отриманого крохмалю до маси переробленої сировини, виражене у відсотках, називають виходом картопляного крохмалю. Вихід крохмалю залежить від його змісту в переробляється сировина і втрат, утворених з мезгой і стічними водами. В середньому вихід крохмалю дорівнює 15,7%, втрати крохмалю складають 2,8%. Відношення маси отриманого крохмалю до маси крохмалю, що міститься в переробленому сировину, виражене у відсотках, називається коефіцієнтом вилучення крохмалю. Він становить 82 ... 88%, по ньому оцінюють якість роботи заводу.

Сирий картопляний крохмаль в залежності від вмісту ньому вологи поділяється на дві марки: марка А (вміст вологи 38 ... 40%) і марка Б (вміст вологи 50 ... 52%). Крохмаль кожної марки ділиться на три сорти. Якість його повинно відповідати вимогам ОСТ 18-158 (табл. 1). Крохмаль I і II сортів повинен бути однорідного білого кольору і мати запах, властивий крохмалю. Наявність стороннього запаху не допускається. Крохмаль III сорту може бути сірим, без прожилок і краплень, в ньому допускається слабокислий, але не затхлий запах.

Через високий вміст вологи сирій доартофельний крохмаль не може довго зберігатися, тому його переробляють в сухий крохмаль, декстрин, модифіковані крохмалі, патоку, глюкозу та ін. При необхідності сирий картопляний крохмаль зберігають протягом деякого часу наливним способом або в складах, утрамбовуючи і заливаючи водою. Найбільш надійний спосіб зберігання - заморожування.



## 1.8 Отримання модифікованих крохмалів

Для різних галузей промисловості крім звичайного сухого крохмалю з картоплі і кукурудзи випускають крохмалі з зміненими природними властивостями, так звані модифіковані крохмалі. Такі крохмалі отримують за рахунок фізичних, хімічних і біохімічних впливів на вихідний крохмаль. В процесі обробки нативний крохмаль зазнає наступні основні перетворення: розщеплення (деполімеризація) полісахаридних компонентів крохмалю зі збереженням або без збереження зернистої структури; збільшення кількості існуючих або поява нових функціональних груп; перебудову структурних полісахаридних ланцюгів, що супроводжується розщепленням полісахаридів крохмалю; взаємодія гідроксильних груп крохмалю з різними хімічними речовинами зі звозованим ефірних зв'язків і приєднанням їх залишків; одночасну полімеризацію сахаридов з крохмалю і інших мономерів (сополімеризація) з утворенням нових з'єднань, ланцюги яких складаються з різнорідних ланок (сополімерів). Якщо полімеризуються НЕ мономері, а великі однорідні ділянки їх ланцюгів (блоки), продуктом синтезу є блок-сополімери. Модифіковані крохмалі отримують в результаті одного, двох і більше зазначених перетворень, які можуть протікати одночасно або послідовно.

За характером змін все модифіковані крохмалі умовно ділять на дві групи: розщеплені і заміщені крохмалі (ефіри й сополімери крохмалю).

### 1.3.1 Розщеплені крохмалі

Ці крохмалі називають ще жідкокіпящімі, так як клейстер таких крохмалів мають низьку в'язкість. Крохмалі цієї групи отримують шляхом розщеплення полісахаридних ланцюгів, впливаючи на крохмаль кислотою, окислювачами, амілазами, деякими солями і т. Д. В результаті зазначених дій відбувається хаотичне або спрямоване розщеплення глюкозидної та інших зв'язків, зменшується молекулярна маса, виникають внутрішні і

міжмолекулярні зв'язки, з'являються нові карбонільні і карбоксильні групи. Може відбуватися часткове порушення структури зерен крохмалю. Розщеплені крохмалі знаходять дуже широке застосування. Наприклад, крохмалі, модифіковані кислотою, відрізняються високою розчинністю, вони утворюють рідкий і прозорий клейстер, здатний при охолодженні давати міцний холодець. Такий крохмаль використовують в поліграфії при проклейке паперу для поліпшення якості друку і збільшення її міцності, в харчовій промисловості - для приготування желейних цукерок, східних солодоців та інших продуктів, а також в хімічних аналізах як індикатор.

#### Окислені крохмалі.

Їх отримують шляхом впливу на крохмаль перманганатів, пероксидів, йодної кислоти і її солей та інших сполук. В результаті взаємодій з перерахованими сполуками відбувається гідролітичні розщеплення глюкозидної зв'язків з утворенням карбонільних груп, окислення спиртових груп у карбонільні, а потім в карбоксильні. Ступінь окислювання залежить від умов проведення реакції і витрати реагенту. Ці крохмалі також відрізняються здатністю давати рідкі клеїстери з високою стабільністю при зберіганні. При окисленні картопляного або кукурудзяного крохмалю перманганатом калію в кислому середовищі отримують крохмаль, який використовується в якості замітника агару або пектину у виробництві кондитерських виробів, стабілізатора у виробництві морозива, продуктів молочної і пицеконцентратної промисловості. Його застосовують також у текстильній промисловості. При використанні в якості окислювача бромата калію, перманганату калію і гіпохлориту кальцію отримують крохмаль з невисоким ступенем окислення. Такий крохмаль використовується в хлібопеченні. Він покращує фізичні властивості тіста, підвищує газоутримуючу здатність, дозволяє скоротити час бродіння опари, при цьому якість хліба поліпшується: збільшується об'ємний вихід, поліпшується структура пористості м'якушки, сповільнюється процес черствіння хліба.

Окислені крохмалі знаходять також широке застосування в паперовій промисловості для проклейки паперу, в пральнях - для крохмалення білизни, в будівельній промисловості - для виробництва ізоляційних матеріалів.

Набухаючі крохмалі.

До групи набухають відносять модифіковані крохмалі, отримані при влаготермічеськой обробці, яка викликає часткове або повне руйнування структури крохмальних зерен. У суспензію крохмалю вводять хімічні реагенти (алюмінієво-калієві галун, солі фосфорної кислоти, метилцеллюлозу і інші реагенти в залежності від призначення одержуваних крохмалів), витримують протягом деякого часу при певній температурі і подають на вальцьові сушарки для клейстеризації і сушки. Крохмаль сушать в тонкому шарі, потім плівки зрізають з барабана, подрібнюють, просівають і фасують. Набухають крохмалі широко використовують для технічних цілей в нафтовій і газовій промисловості, у виробництві паперу, для брикетування кормів. У харчовій промисловості їх застосовують для виробництва пудингів швидкого приготування, безбілкових продуктів (хліба, макаронів), для стабілізації вологи кондитерських пен. В цьому випадку хімічні реагенти при їх виробництві не використовуються.

Екструзійні крохмалі та крохмалепродукти.

За своїми властивостями до групи тих, що набухають крохмалів відносять також екструзійні крохмалі та крохмалепродукти. Але за методом обробки це крохмалі, отримані в умовах інтенсивної влаготермічеськой обробки при підвищених (до 35%) вологості і температурі (до 200 ° C) і значному механічному впливі. В результаті такої обробки зерна крохмалю втрачають свою первісну структуру і властивості, що дозволяє отримувати нові види продуктів. Крахмалопродукти цієї групи отримують на екструзійних установках і використовують для отримання нових видів крахмалобелкових продуктів, капсулювання летких речовин, прянощів та ін. В матриці з крохмалю.

### Заміщені крохмали

До групи заміщених крохмалів і сополімерів крохмалю відносяться крохмалі, властивості яких змінюються в результаті приєднання хімічних радикалів або спільної полімеризації з іншими високомолекулярними сполуками. Отримання модифікованих крохмалів, таких, як прості і складні ефіри та сополімери крохмалю, засноване на можливості кінцевих редуруючих груп, спиртових груп у другого, третього і шостого вуглецевих атомів глюкозних залишків вступати в реакції заміщення з різними органічними і неорганічними сполуками.

### Фосфатні крохмалі.

До них відносяться монокрахмалофосфати, коли одна гідроксильна група глюкозного залишку етерифікування однією з кислотних груп залишку фосфорної кислоти або її солей, і дікрахмалофосфати, коли гідроксили глюкозних залишків різних ланцюгів взаємодіють з двома кислотними групами фосфорної кислоти або її солей. Фосфатні крохмалі утворюють клеїстери, стабільні до заморожування, тому їх використовують при виробництві продуктів, тривалий час зберігаються в замороженому вигляді, у виробництві борошняних кондитерських виробів, майонезів, кремів, соусів, продуктів дитячого та дієтичного харчування. Фосфатні крохмалі знаходять також широке застосування в технічних цілях. Дікрахмалофосфати амілопектинового крохмалів підвищують якість фруктових начинок для пирогів, їх використовують як загусники і стабілізаторів консервуються продуктів, що піддаються стерилізації.

### Ацетильовані крохмалі (ацетати крохмалю).

Для приготування цих видів модифікованих крохмалів використовують крижану оцтову кислоту, оцтовий ангідрид та інші реагенти. Процес ацетильовання комбінують з введенням спеціальних реагентів, що забезпечують появу поперечних зв'язків, що покращує стійкість клейстером до дії високих температур, до перемішування і низьким значенням рН. Такі

крохмалі використовують при виробництві консервованих, заморожених, сухих продуктів харчування. Ацетильовані крохмалі застосовують в текстильній промисловості і паперовому виробництві.

Сополімери крохмалю.

Цей різновид модифікованих або поперечносвязаних крохмалів отримують шляхом утворення між двома полісахаридними ланцюжками поперечних зв'язків. Освіти поперечних зв'язків домагаються за допомогою різних хімічних реагентів: формальдегіду, епіхлоргідріна, тріметафосфата натрію. При введенні незначної кількості радикалів властивості крохмалю різко змінюються - підвищуються в'язкість і стабільність клейстеру, знижується розчинність, посилюється здатність утворювати плівку і т. Д. Зшиті крохмалі використовують в харчовій, паперовій, текстильній промисловості для підвищення стійкості матеріалів при тепловій або механічній обробці.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика сировини та напівфабрикатів

Крохмаль - це порошкоподібний вуглевод, який утворюється в результаті фотосинтезу в клітинах зелених рослин із вуглекислого, зазвичай, газу та води під впливом світла. Крохмаль є основною запасною речовиною рослин і накопичується у насінні, бульбах або коренях. За хімічною природою це полісахарид, основою структури якого є залишок глюкози.

Крохмаль, власне, легко засвоюється організмом людини, перетворюючись на глюкозу, яка бере участь у колі кровообігу. Потреба людини у крохмалі становить 400...450 г на добу, він покриває половину калорій, що споживаються організмом на день.

Основними джерелами промислового виробництва крохмалю є картопля, кукурудза, вочевидь, рис та пшениця. У рослинних тканинах крохмаль відкладається у вигляді крохмальних зерен, що мають овальну, сферичну або багатокутну форму. Розмір, на нашу думку, зерна коливається від 2 до 150 мкм. Найбільше зерно - для картопляного крохмалю, а найменше - для рисового. Крохмаль у зернах знаходиться у вигляді крихітних голкових кристалів, між якими знаходяться мікрокапіляри, які визначають високі гігроскопічні та адсорбційні властивості крохмалю, здатність поглинати воду. Ці властивості дозволяють використовувати форми крохмалю при формуванні цукеркових тіл.

Виробляється чотири види крохмалю сухої картоплі - екстра, найвищий, I та II; сухий кукурудзяний крохмаль двох сортів - найвищого та I. Залежно від типу крохмалю встановлені прийнятні значення показників якості: загальна зольність становить 0,20 ... 1,0 %, кислотність 7,5 ... 25 куб. інші. Незалежно від сорту, в сухому картопляному крохмалі допускається

вміст вологи не більше 20 %, а в кукурудзі – 13 %. Органолептичні показники якості крохмалю також належать до основних: колір і запах.

Сировиною, зазвичай, для виробництва картопляного, власне кажучи, крохмалю є картопля. Середній, зазвичай, хімічний склад бульб, втім, картоплі складається з 75 % води, зокрема, та 25 % сухої речовини, з них 18,5 % крохмалю, 2 % азотистих речовин, 1 % клітковини, 0,9 % мінералів, 0,8 % цукру, 0,2 % жиру та 1,6 % інших речовин (пектин, пентозани тощо). Витрата картоплі з крохмальністю 14, 8% на 1 т сухої речовини крохмалю становить 7,95 тонн.

Для отримання високих, зазвичай, техніко-економічних показників у виробництві, власне кажучи, крохмалю необхідно переробляти картоплю високих крохмалистих сортів, що зменшує її споживання на отримання 1 т крохмалю, а, отже, і його собівартість. Згідно з чинними правилами, картопля для переробки повинна містити вміст крохмалю не менше 13%, а бур'ян після промивання не повинен перевищувати 0,1%.

При виробництві картопляного крохмалю ступінь використання сировини характеризується коефіцієнтом відновлення крохмалю, який становить від 82 до 88%. Вихід крохмалю залежить від його вмісту в оброблюваній картоплі та від втрати крохмалю з побічними продуктами та стічними водами. Основні втрати крохмалю у виробництві відбуваються з м'якоттю у вигляді зв'язаного крохмалю (близько 40%) та вільного крохмалю (3 ... 4%), що становить приблизно 1,7% маси переробленого крохмалю.

Основним завданням виробництва, безумовно, крохмалю є максимальне вилучення, втім, крохмалю внаслідок руйнування стінок найбільшої кількості картопляних клітин і ретельного очищення від домішок. Процес очищення заснований на властивості крохмальних зерен, нерозчинних у холодній воді, на їх невеликих розмірах та відносно високій щільності -  $1650 \text{ кг / м}^3$ .

Для переробки картоплі в крохмаль застосовують різні технологічні схеми, оснащені різними, втім, видами обладнання, що використовується для цих цілей. Найбільш ефективною є технологія переробки картоплі на крохмаль за допомогою багатоступеневого гідроциклона, який виконує операції відділення дрібно меленої кашки картоплі на крохмальну суспензію та суміш м'якоті з картопляним соком. За технічними характеристиками та техніко-економічними показниками гідроциклонна установка у багато разів перевершує всі види обладнання, що застосовується в операціях, починаючи від початку відділення картопляної каші до отримання очищеної суспензії крохмалю та побічних продуктів у вигляді суміші целюлози та картопляний сік.

Поєднання сепараційно-промивних операцій в одній установці забезпечує зменшення виробничої площі в 4...5 разів для розміщення технологічного обладнання рівної потужності, а також збільшити коефіцієнт вилучення крохмалю з картоплі на 3 ... 4% на як зменшення кількості етапів переробки картопляної каші, так і інтенсифікація виробничого процесу в цілому, а також зменшення кількості скидів та споживання прісної води.

Сирий крохмаль - швидкопсувний продукт, який не можна зберігати тривалий час. Для отримання сухого крохмалю забезпечується механічне зневоднення загущеної крохмальної суспензії з подальшим видаленням зайвої вологи шляхом висушування під впливом сушильного агента (нагрітого повітря). Прогресивна технологія забезпечує всебічне використання.

Утилізація всіх компонентів переробленої сировини.

Розроблені методи утилізації побічних продуктів - м'якоті та картопляного соку, одним з яких є виробництво вареного вуглеводного-білкового гідролізату та пресованого білкового корму.

Крохмаль, що швидко псується, сирий картопляний крохмаль в холодну пору року зберігається насипом або на складах, при цьому ємність з



відстояним крохмалем заливається чистою водою, додаючи туди близько 0,05% сірчистого газу. Найбільш надійний спосіб зберігання сирого крохмалю - це його заморожування.

Сухий крохмаль зберігається в силосах або упаковується в джутові або лляні пакетики по 25, 50, 60 кг. Крохмаль можна розфасовувати в крафтові паперові пакети, а потім упаковувати в рідкісні тканинні пакети, а також упаковувати в споживчу тару на паперових пакувальних машинах - 100 ... 1000 г паперових пакетів. Упакований сухий крохмаль зберігається на складах при оптимальній, безумовно, відносній вологості повітря 75 % та температурі не вище 10 ° С.

Крохмаль має різноманітне використання у виробництві їжі. З неї виробляється патока і кристалічна глюкоза. У кондитерській промисловості крохмаль використовується для надання пластичним властивостям бісквітного тіста та як формувальний матеріал для лиття цукерок із помадки та лікєро-горілочаних виробів. У кулінарії з крохмалем, желе готують соуси і пудинги.

Крохмаль та його похідні широко застосовуються в текстильній, паперовій, азбестовій, барвистій, поліграфічній, взуттєвій, сірникової, парфумерній, фармацевтичній та інших галузях.

Вуглевод-білковий гідролізат - густа коричнева маса, що містить вуглеводи, білки та мінерали, може використовуватися як біостимулятор при вирощуванні кормових дріжджів, так і при випічці хліба як замітник червоного житнього солоду.

## **2.2. Стадії процесу виробництва картопляного крохмалю.**

Переробку картоплі, зокрема, в крохмаль можна розділити, втім, на наступні основні, власне кажучи, етапи та операції:

- миття та, зокрема, зважування картоплі;

- дрібне подрібнення картоплі (виробництво кашоподібної суміші);
- виділення валсне, картопляного соку з кашоподібної суміші;
- відбір вільного, зокрема, крохмалю з каші, відділення, безумовно, та промивання м'якоті; рафінування крохмального, власне, молока і отримання крохмалю сирого;
- зневоднення та, зазвичай, висушування крохмалю;
- пакування сухого, власне кажучи, крохмалю в споживчі та транспортні контейнери;
- очищення та згортання, картопляного, власне, соку та отримання білкового корму;
- закипання очищеного картопляного, вочевидь, соку і отримання вареної гідроізоляції.



Рисунок 2.1 – Схема процесу виготовлення крохмалю

Характеристика, вочевидь, комплексів обладнання.

Лінія починається з комплексу обладнання для підготовки, на нашу думку, бульб картоплі до переробки, який включає гідравлічний транспортер, кам'яний пастку, шайбу та водовідділювачі.

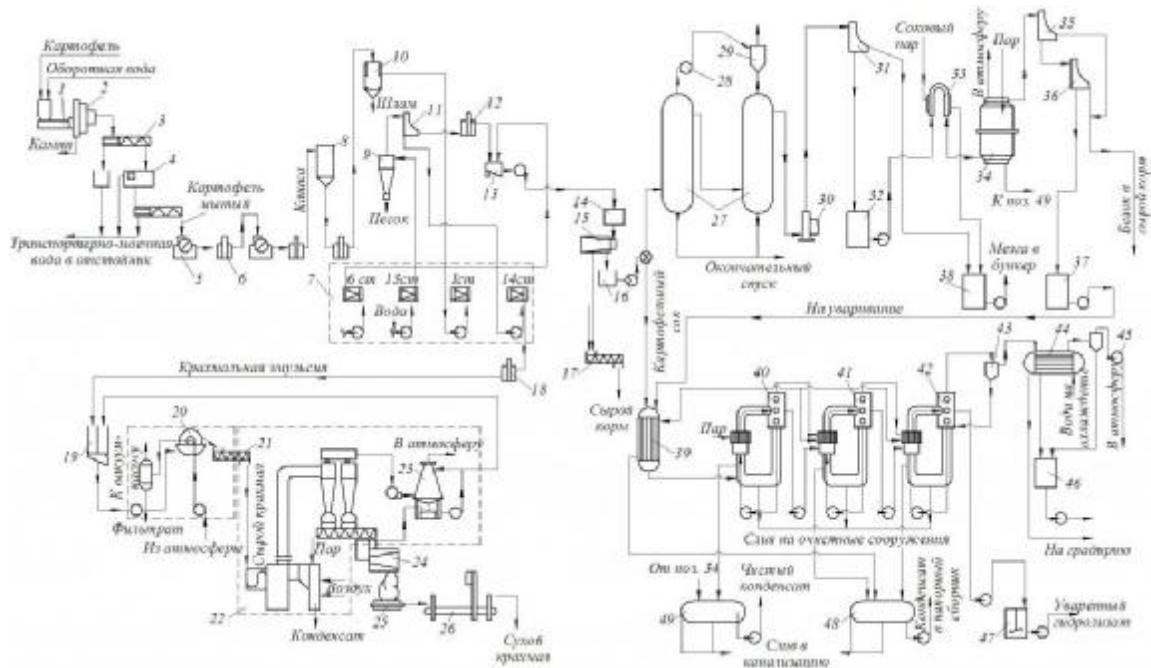


Рисунок 2.2. Машинно-апаратна схема лінії виробництва крохмалю з картоплі

Провідним є комплекс обладнання для утворення крохмальної емульсії, який включає решітчаті машини, фільтри, гідроциклон, сито для очищення, центрифугу, гвинтовий конвеєр, колектори та насоси.

Остаточний комплекс призначений для виробництва сирого і сухого крохмалю і містить вакуумний фільтр, сушильну установку, сито-просіювач, гвинтовий транспортер, колектори, насоси, ваги та швейну машинку.

Лінія також включає комплекси обладнання для переробки побічної продукції. Комплекс обладнання для отримання білкових кормів із крохмального соку містить дугові сита, нагрівач, коагулятор, колектори та насоси. Комплекс обладнання для отримання вареного гідролізату включає очищений нагрівач картопляного соку, випарники, поверхневий конденсатор, вакуумний насос, колектори, насоси, а також пристрої для збору конденсату.

На рис. 2.3-2.6 Показана машинно-апаратна схема виробничої лінії картопляного крохмалю.

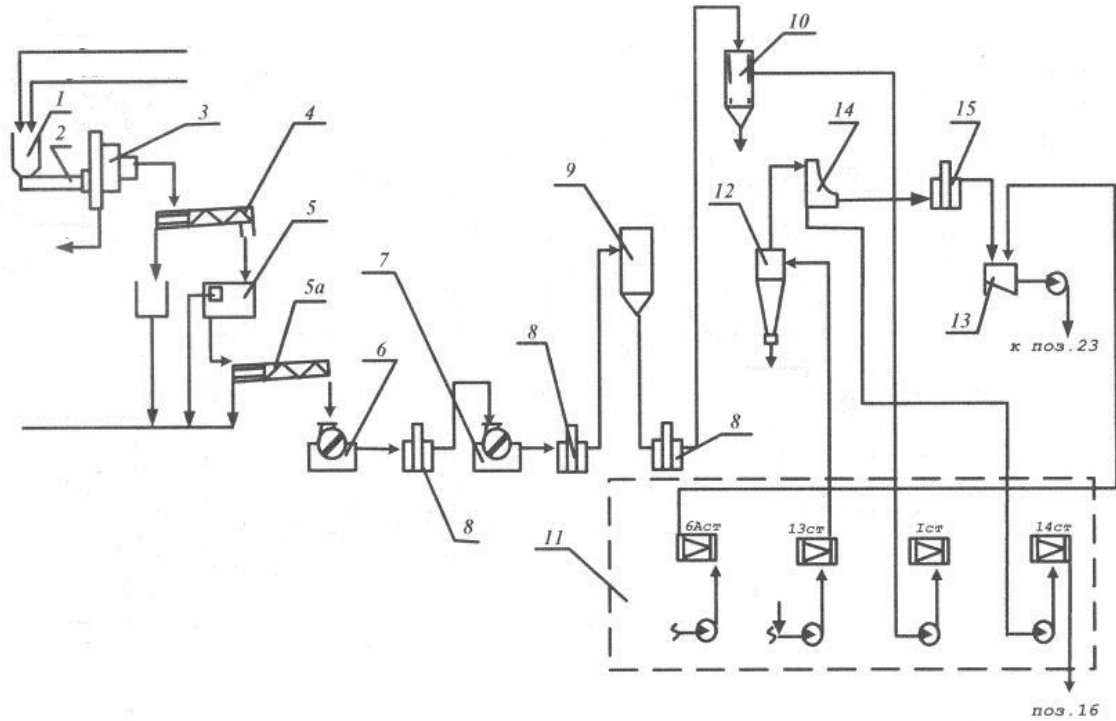


Рисунок 2.3 – Схема виробничої лінії для виготовлення крохмалю з картоплі

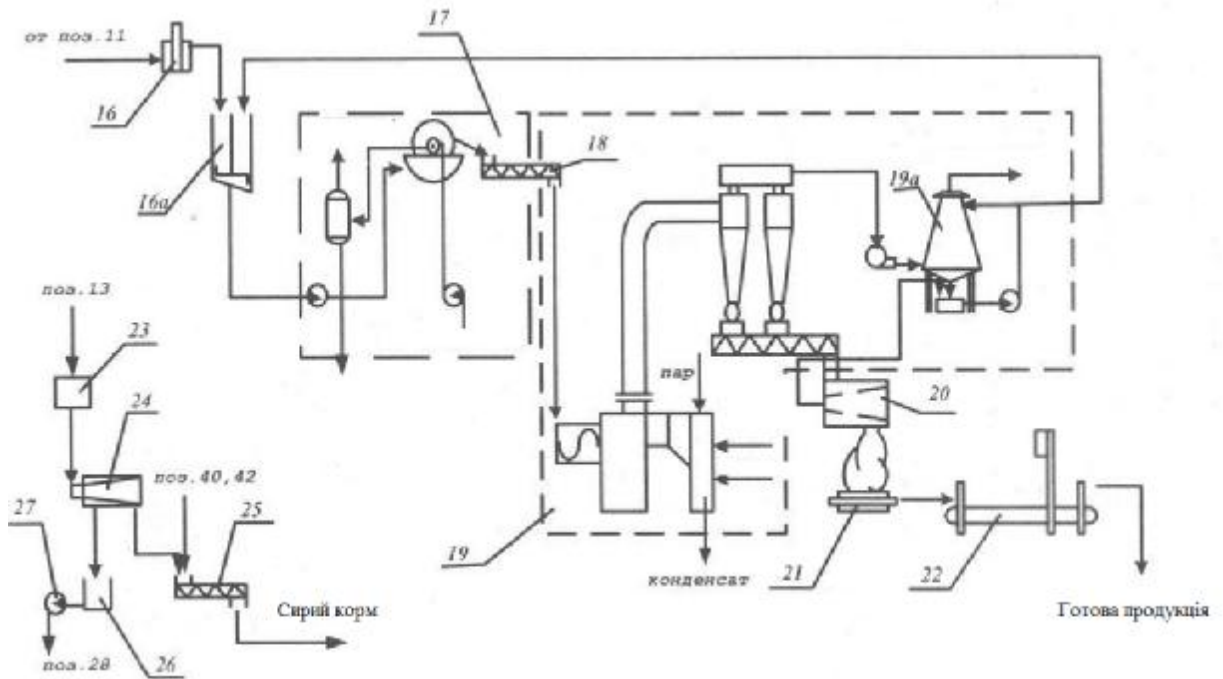


Рисунок 2.4 – Схема виробничої лінії для виготовлення крохмалю з картоплі. Продовження.

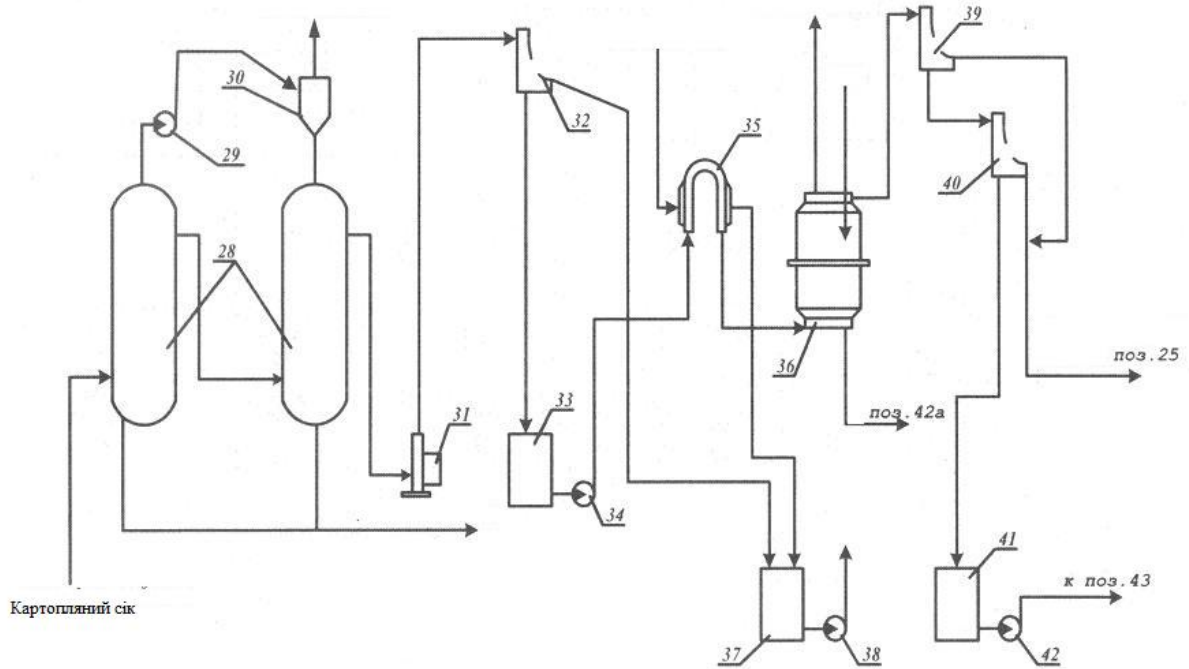


Рисунок 2.5 – Схема виробничої лінії для виготовлення крохмалю з картоплі. Продовження.

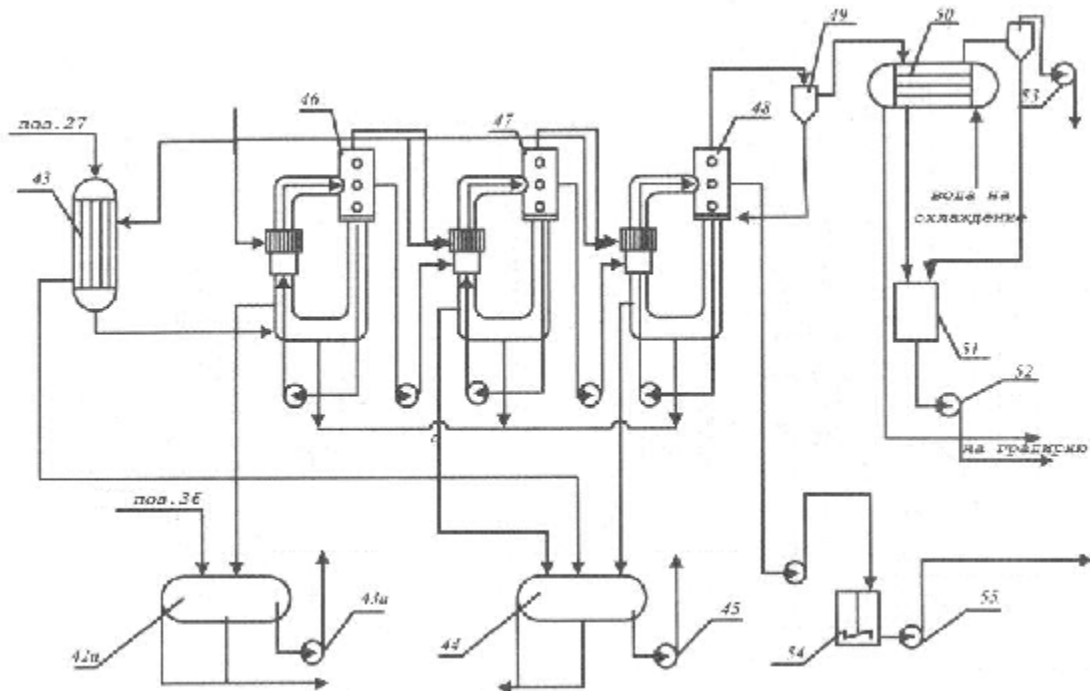


Рисунок 2.6 – Схема виробничої лінії для виготовлення крохмалю з картоплі. Продовження.

Пристрій і принцип дії лінії. Картопля зі зворотного складу подається через гідравлічний конвеєр 1 в каменеву пастку 2 барабанного типу, потім шнеком 3, в якому конвеєрна вода відділена, до мийки 4. Бульби, відмиті від бруду, подаються через секунду гвинто-водяний сепаратор до шліфувального агрегату, де їх двічі подрібнюють у кашку на терках 5, з'єднаних через плунжерний насос 6.

Терка - це пристрій, де подрібнення здійснюється шляхом витирання бульб картоплі із зубчастими напилками, встановленими на поверхні барабана, що обертається з високою швидкістю всередині металевому корпусу. Подрібнення проводиться двічі. При першому шліфуванні застосовують пилючки з висотою зуба 1,5 ... 1,7 мм, при повторному шліфуванні (шліфуванні) - 1,0 мм. Терки обладнані хомутами та сітками з отворами діаметром 2 мм, що забезпечує високий ступінь шліфування. Ефективність картоплі залежить від периферійної швидкості пиляної поверхні барабана; він характеризується коефіцієнтом подрібнення, який досягає 90%. При використанні розпилювальних тертків зі швидкістю периферійного барабана 90 м / с коефіцієнт подрібнення може досягати 95% або більше, при цьому немає необхідності в другій стадії подрібнення картопляної каші. Ефективність та надійність терки значно залежить від якості луцення картоплі під час миття.

Картопля, отримана після решітки каша - це суміш підірваних клітинних, на нашу думку, стінок, крохмальних, втім, зерен і картопляного, втім, соку. Важливим завданням отримання картопляного крохмалю є швидке виділення соку з каші з мінімальним розведенням. Контакт соку з крохмалем погіршує якість крохмалю, змушує його потемніти через

окислення тирозину, знижує в'язкість крохмальної пасти, сприяє утворенню сильної піни, небажаного слизу та інших, вочевидь, небажаних ефектів.

Картопляна каша з резервуару 8 для збирання через фільтри 10 для самоочищення, на яких відокремлюються різні домішки, подається поршневым насосом до установки гідроциклонів 7, що складається з 14 стадій гідроциклону, з яких 6 ступенів знебарвлення, і 8 миють.

Робота гідроциклонного агрегату регулюється таким чином, що суспензія, що надходить для промивання, має концентрацію 6 ... 8, конденсований спуск з останньої стадії становить 35 ... 40, а змішана рідина спускається з I і II стадії становлять 1,0 ... 1,5% сухої речовини. Тиск у мультициклоні підтримується на рівні 0,3 ... 0,4 МПа. Суспензія крохмалю з 13-ї стадії гідроциклонів подається в піщаний гідроциклон 9 (одинарний), потім в сито для очищення дуги 11. Суспензія крохмалю проходить через сито і направляється для подальшого очищення до 14-ї стадії гідроциклонів. М'якоть ковзає в нижню частину ситової поверхні, виймається з сита 11 і закачується поршневым насосом 12 в збірник верхнього виходу 13.

Очищену суспензію крохмалю завантажують плунжерним насосом 18 в збірник 19. З нього він подається для зневоднення до концентрації 64% сухої речовини до установки барабанного вакуумного фільтра 20.

При безперервному обертанні перфорованого барабана його поверхня послідовно проходить через зони фільтрації суспензії, сушіння, промивання та продувки шару крохмалю. Сирий крохмаль видаляється з поверхні барабана ножем у гвинтовий транспортер 21.

Для отримання сухого, зокрема, крохмалю сирий крохмаль транспортується в пневматичну сушарку 22 конвеєром 21. Робота пневматичних сушарок заснована на принципі сушіння сипучого крохмалю в рухомому потоці гарячого повітря; однак швидкість руху суміші крохмалю-повітря по шляху сушіння повинна бути, зокрема, більшою, ніж швидкість

крохмалевих, на нашу думку, зерен у потоці. Насправді сушка крохмалю триває частку секунди, тобто відбувається майже миттєво.

Особливості конструкції та експлуатації пневматичної сушарки, її автоматизація дозволяють використовувати повітря, нагріте до високих температур. Температура, зазвичай, сушильного агента нагрівачів, що входять до сушильної установки, становить 140 ... 150 ° С, проте крохмальні зерна внаслідок випаровування поверхневої вологи не встигають нагріватися вище 60 ° С.

Поділ сухої крохмалю та, зокрема, повітряно-парової суміші відбувається в циклонах; остаточне очищення повітря від крохмалю проводять вологим в мийному циклоні (скруббер) 23. У ньому крохмальний пил затримується водою і подається в колектор у вигляді крохмального молока 19. Сушений крохмаль до необхідної (рівноважної) вологи вміст може містити певну кількість зерен, що утворюються при переробці неякісної сировини, які відокремлюють на ситовому апараті типу Burat 24, розводять і направляють на основне виробництво на переробку. Очищений сухий крохмаль з бората упаковують у пакетики, потім зважують на балансі 25 і зашивають на машину 26 зшивання мішків.

Зібрання 13 м'якоть відкачують відцентровим насосом до проміжного резервуару 14, з якого вона продається до центрифуги 15. В останній м'якоті вона поділяється на дві фракції: осад (важка фракція і картопляний сік). Осад, що надходить у гвинтовий транспортер 17, використовується як сирий крохмаль. Картопляний сік збирають у збірний бак 16 і закачують у комплекси обладнання для утилізації.

При утилізації побічних продуктів виробляють варений вуглевод-білковий гідролізат та білковий корм за комбінованою схемою. Відповідно до цієї схеми, картопляний сік з колекторів 27, обладнаних вентилятором опалення 28 і циклоном 29, подається плунжерним насосом 30 до дугового сита 31. Верхній ситовий накопичувач накопичується в колекторі 38 і потім



відкачується в целюлозний колектор. Очищений картопляний сік збирають у колектор 32 і перекачують через нагрівач 33 на коагулятор 34. Звідси його подають для розділення білка на дугові сита 35 і 36. Верхній накопичувач останнього сита - це білковий корм.

Картопляний сік з колекції 16 та очищений сік з колекції 37 через конденсатор 39 направляють для кип'ятіння у трикорпусний випарник 40, 41, 42 і викачують з нього у збірник 47.

Поверхневий конденсатор 44 використовується для конденсації парів з третього корпусу установки 42. Вакуум у випарнику та конденсаторі створюється вакуумним насосом 45. Конденсат із конденсатора 44 та пастка 43 надходить у барометричний колектор 46 і нагнітається охолоджуюча вежа, де її охолоджують і знову використовують для випаровування конденсату. Конденсат із першого та другого монтажних кожухів зібраний у колектори 49 та 48.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка структури системи керування процесом

Крохмаль сушать так: крохмальну рідину з місця крохмалю та воду подають до входу скрубера. Скрубер витягує із цієї суміші крохмале молоко та скруберну воду, яку після очищення переробляють. У центрифугі № 1 білок видобувається з крохмального молока, яке збирають і використовують як добавку до кормів для тварин. Очищена від білка рідина надходить у другу центрифугу, де крохмаль фактично виділяється, а так званий фільтрат, який є сирою водою, повторно використовується після очищення. Сирий крохмаль надходить у сушарку, де його продуває вентилятор при певній температурі. Остаточне очищення та розпушування сухого крохмалю проводять боратом, звідки продукт розподіляється замком через два гвинти, який подає готовий продукт на упаковку (рис. 3.1).

Обладнання комплексу представлено такими пристроями: датчиками, лічильниками, перетворювачами інтерфейсів, джерелами живлення. Система використовує два типи датчиків: датчики струму IPT 01 з уніфікованим вихідним сигналом 4 ... 20 мА та тепловим опором міді TCM50. Датчики IPT 01 використовуються для отримання інформації про струми у фазах електродвигунів, розташованих на секції сушіння крохмалю. Це електродвигуни агрегатів: сушарки, вентилятори, приводи, змішувачі, шнеки, насоси, гідравлічний ніпель центрифуги. Термостійкість TCM50 вимірює температуру крохмального молока, крохмалю сирого, повітря в сушарці і в центрифугі. Для візуалізації інформації, отриманої від датчиків, а також для передачі її на комп'ютер оператора використовуються восьмиканальний УКТ38-4 метрів із сигналом вихідного струму: три вимірювальні пристрої

УКТ38-4 АТ до яких належать датчики струму ІРТ 01 підключений, і один УКТ38-4 ТС, підключений до термістора ТСМ50.

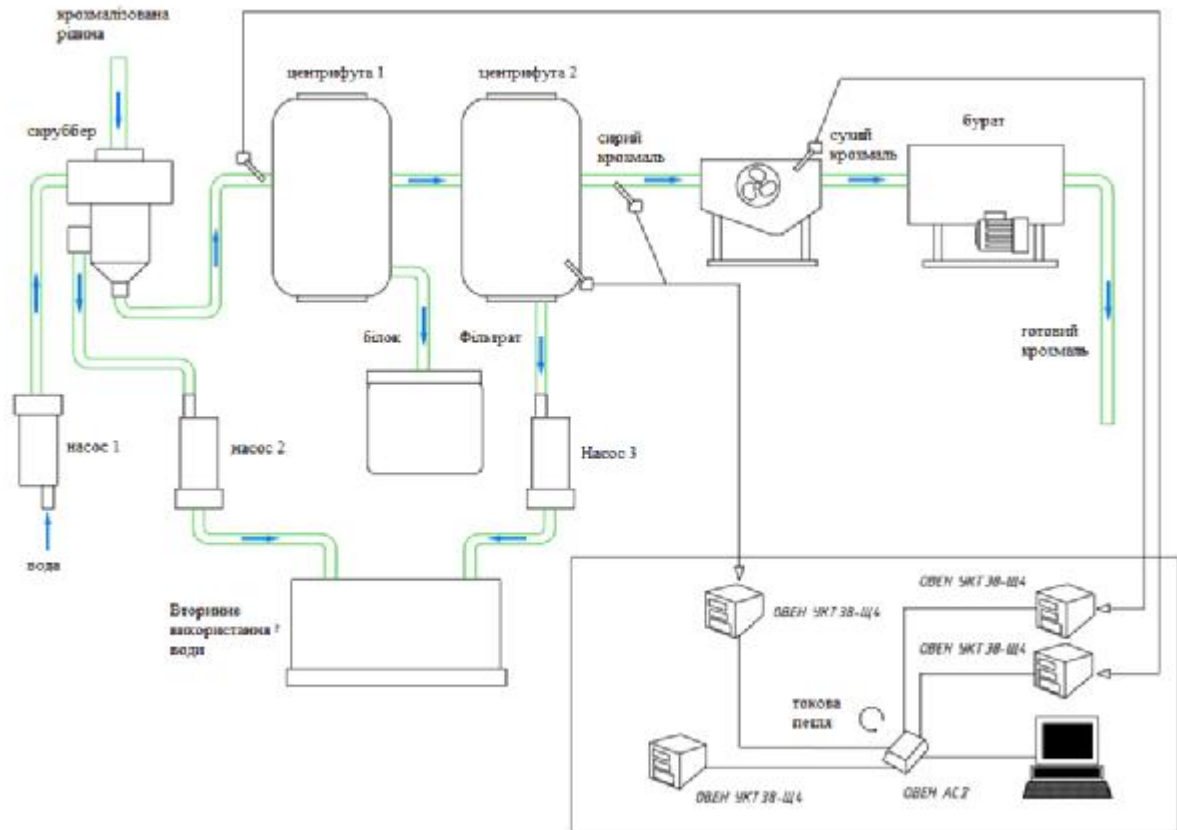


Рисунок 3.1 – Схема автоматизації технологічного процесу сушіння крохмалю

Чотири джерела живлення ВР12В-D.24 використовуються для живлення датчиків ІРТ 01. Це комутаційні джерела живлення з повною гальванічною ізоляцією первинного та вторинного контурів, що зменшує ймовірність вхідної напруги джерела живлення, що впливає на вихід, що може спричинити перешкоди. Вимірювачі УКТ38-4 підключені до комп'ютера за допомогою інтерфейсного перетворювача АС2, який має вісім каналів перетворення циклу RS 232 / струмова петля. У секції сушіння крохмалю використовуються чотири канали. Для з'єднання лічильників з перетворювачем використовується екранована вита пара п'ятої категорії, яка

має хороший захист від шуму. Конструктивно апаратне забезпечення комплексу монтується у двох електричних шафах.

#### Програмне забезпечення

Програмне забезпечення для секції сушіння крохмалю складається з пакету OWEN PROCESS MANAGER v.1.04, який містить дві програми: Owen Process Manager (ORM) та Owen Report Viewer (ORV), та програму аналізатора технологічних процесів. ORM збирає та обробляє інформацію про хід технологічного процесу на основі створеної схеми підключення лічильників секції сушіння крохмалю до комп'ютера (рис. 3.2).

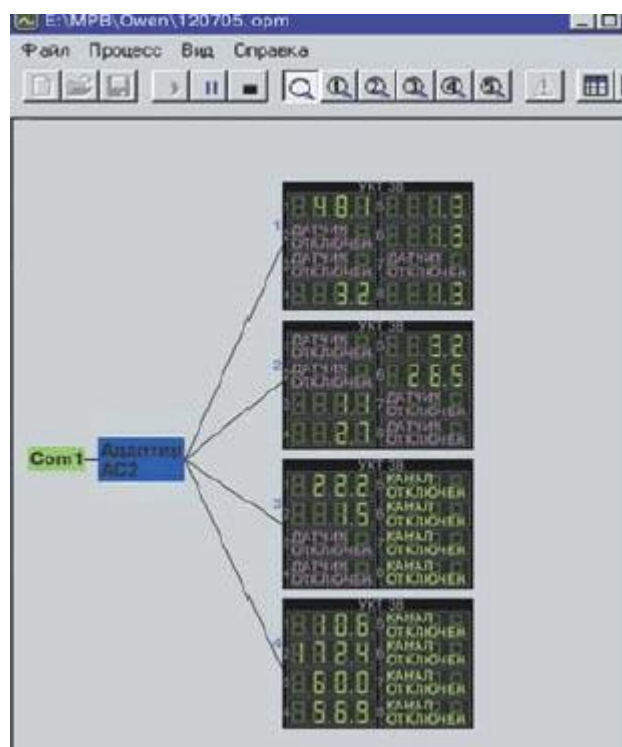


Рисунок 3.2 – Схема підключення лічильників до комп'ютера

Дані, накопичені під час роботи ORM, відображаються у табличному та графічному вигляді за допомогою ORV. Крім того, ORV дозволяє експортувати отримані дані у формат \*.DBF, з яким надалі працює програма аналізатора. Програма аналізатора процесу сушіння крохмалю - це система управління базами даних. Це дозволяє вибрати один з моніторингових каналів для аналізу, обчислити середнє значення вимірюваного значення в

цьому каналі за певний проміжок часу, який встановлюється користувачем, і відобразити цю інформацію у вигляді графіка. Крім того, програма вилучає з файлу корисну для технолога інформацію, наприклад, про початок відключення процесу, і стискає дані в архів WinRAR для подальшої передачі в Інтернет. Щоб проаналізувати дані, потрібно відкрити файл \* .DBF, створений раніше програмою ORV.

#### Віддалений доступ до інформації

Для забезпечення швидкої передачі інформації про технологічний процес було створено спеціальну веб-сторінку з обмеженим доступом, не індексовану пошуковими системами. Таким чином, знаючи ім'я користувача та пароль, ви можете отримати доступ до даних про хід технологічного процесу за певний період з будь-якої точки світу, використовуючи Інтернет. Вид цієї сторінки показаний на рис. 3.3.

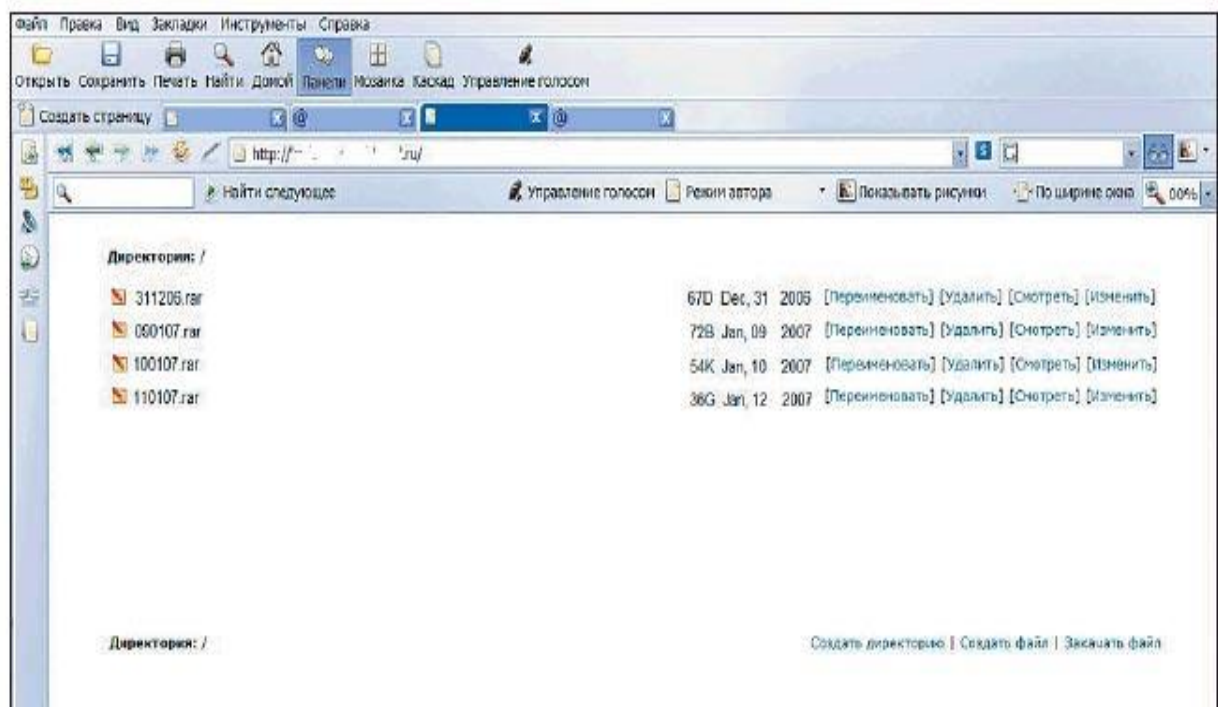


Рисунок 3.3 – Інтерфесу віддаленого доступу до параметрів системи

### 3.2 Розрахунок конвективної сушильної машини

В сучасних сушильних машинах циркуляційними вентиляторами споживається велика загальна потужність 50-100 *квт*. Тому дуже важливо при проектуванні сушильної машини забезпечити умови роботи вентиляторів в режимі максимального к. п. д.

Завданням розрахунку конвективної сушильної машини є забезпечення дії всіх елементів машини в оптимальних режимах, для чого необхідно пов'язати оптимальні розміри соплових пристроїв, калориферів і оптимальні параметри процесу сушіння з оптимальним режимом роботи циркуляційних вентиляторів. Вихідними величинами для теплових, аеродинамічних і конструктивних розрахунків є напір і розхід прийнятого до використання вентилятора в точці його характеристики з максимальним к. п. д.

#### Тепловий баланс сушильної машини

##### *Витратні статті балансу*

$Q_1$  - затрати тепла на випаровування вологи;

$Q_2'$  - затрати тепла на нагрів транзитного повітря;

$Q_2''$  - затрати тепла на перегрів пари вологи, що випарувалася;

$Q_3$  - затрати тепла на нагрів тканин;

$Q_4$  - втрати тепла з транспортними пристосуваннями;

$Q_5$  - втрати тепла огородженням машини в навколишнє середовище конвекцією і випромінюванням.

Затрати тепла на випаровування вологи  $Q_1$  є корисними затратами. Ентальпія 1 кг вологи в рідкому стані чисельно дорівнює температурі води, яка

в поступаючому до сушки матеріалі має значення  $\vartheta_1$ .

Мінімальне значення ентальпії пари при температурі  $\vartheta_1$  рівне ентальпії насиченої пари і може бути визначене за формулою:

$$i_n = 595 + 0,47\vartheta_1$$

Тоді мінімально можливі затрати тепла на випаровування 1 кг вологи складуть:

$$q_1 = 595 - 0,47\vartheta_1 - \vartheta_1 = 595 - 0,53\vartheta_1 \text{ ккал/кг} \quad (3.1)$$

При загальній кількості випарованої вологи в машині  $W$  кг/год корисні затрати на випаровування вологи складуть:

$$Q_1 = q_1 W = W (595 - 0,53\vartheta_1) \text{ ккал/год} \quad (3.2)$$

Для розрахунку теплових втрат  $Q_2'$  на нагрів повітря, яке проходить через сушарку, необхідно знати його кількість. При паровмісті свіжого повітря  $d_0$ , а

витажного  $d_{yx}$  г/кг, витрата сухого повітря на 1 кг випаровування вологи складе

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1000}{d_{yx} - d_0} \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (3.3)$$

Повна витрата на машину:

$$L = lW = \frac{1000}{d_{yx} - d_0} \cdot W \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розхід тепла на нагрів проходящого через сушарку повітря:

$$Q'_2 = Lc_{m.в}(t_{yx} - t_0) \text{ ккал/год} \quad (3.4)$$

Теплоємність транзитного повітря (в розрахунку на 1 кг сухого повітря):

$$c_{m.в.} = 0,24 + 0,47 \frac{d_0}{1000} \text{ ккал/(кг·град)}$$

Розхід тепла на перегрів парів вологи, що випарувалася:

$$Q''_2 = W 0,47 (t_{yx} - \vartheta_1) \text{ ккал/год} , \quad (3.5)$$

де 0,47 ккал/кг·град - теплоємність парів.

Затрати тепла на нагрів тканини і на вологу, що не випарувалась визначаються за формулою:

$$Q_3 = G_c \left( c_m + \frac{\omega}{100} \right) \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) \text{ ккал/год} , \quad (3.6)$$

де  $G_c$ - кількість абсолютно сухої тканини, що пройшла через машину, за кг/год;

$c_m$  - теплоємність сухої тканини.

Кількість абсолютно сухої тканини:

$$G_c = 60v_{m.к}ВШ \text{ кг/год} \quad (3.7)$$

Втрати тепла з транспортними пристосуваннями  $Q_4$  є в тих машинах, в яких є транспортери тканини з виходячими за межі сушильної камери кінцями. Так, в сушильно-ширильних машинах клупні ланцюги, виходячи з обох торців камери сушки, виносять тепло в приміщення цеху. Величину цих втрат можна орієнтовно визначити за формулою конвективної тепловіддачі, знаючи зовнішню площу деталі клупного ланцюга і клупов, що стикаються з повітрям приміщення цеху, середню температуру транспортера і температуру повітря в цеху[5].

Втрати тепла  $Q_5$  теплоізоляційним огороженням машини в навколишнє середовище визначаються за формулою:

$$Q_5 = q_{опт}F_{огр} \text{ ккал/год} , \quad (3.8)$$

де  $F_{огр}$  - площа поверхні теплоізоляційної огорожі в м<sup>2</sup>;

$q_{опт}$  - оптимальні тепловтрати через 1 м<sup>2</sup>.



За даними техніко-економічних розрахунків оптимальні втрати тепла через поверхні 1 м<sup>2</sup> поверхні теплоізоляційної огорожі в залежності від температури середовища в камері сушіння складають:

$t_c$ °C.....	100	150	200
$q_{opt}$ ккал/м <sup>2</sup> ·год.....	100	130	150

Визначення оптимальної товщини теплової ізоляції проводиться виходячи з наведених оптимальних величин втрат тепла.

Загальний розхід тепла на сушилку:

$$Q = Q_1 + Q_2' + Q_2'' + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

повинен заповнюватися нагрівальним пристроєм: калорифером або газовим пальником.

#### *Прибуткові статті балансу*

В соплових сушарках з потужною вентиляційною системою необхідно враховувати теплоту, в яку переходить механічна енергія потоку повітря. Вся енергія, що підводиться до валу вентилятора, в кінцевому підсумку йде на нагрів циркуляційного повітря і може бути визначена за формулою:

$$Q_{ц} = N_e \eta_{ед} \eta_{п} 860 \text{ ккал/год} ,$$

де  $N_e$  - потужність, споживана електродвигунами циркуляційних вентиляторів,

в квт;

$\eta_{ед}$  - к. к. д. електродвигунів;

$\eta_{п}$  - к. к. д. передач до вентиляторів.

При обігріві машини паром розхід пари в сушарку складе:

$$D = \frac{Q - Q_{ц}}{i_n - i'} \text{ кг/год} ,$$

де  $i_n$  - ентальпія пари, що надходить в калорифери;

$i'$  - ентальпія конденсату.

При обігріві машини газом теплотворною здатністю  $Q_T$  ккал/м<sup>3</sup> витрата газу на сушилку:

$$V_{\Gamma} = \frac{Q - Q_{\text{ц}}}{Q_{\Gamma}} \quad \text{м}^3/\text{год}$$

Величини, які характеризують ефективність використання тепла в сушарці:

к. к. д. режиму сушіння:

$$\eta_{\text{р.с}} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2' + Q_2'' + Q_3} 100\% ;$$

к. к. д. сушарки без урахування втрат тепла з конденсатом з парових калориферів:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{Q_1}{Q} 100 = \frac{Q_1}{D(i_n - i') + Q_{\text{ц}}} 100\% ;$$

к. к. д. сушарки з урахуванням втрат тепла з конденсатом (повний к. к. д.)

$$\eta_{\text{с.п}} = \frac{Q_1}{D i_n + Q_{\text{ц}}} 100\% ;$$

питомий розхід пари в розрахунку на 1 кг випаровуваної вологи:

$$D_{\text{уд}} = \frac{D}{W} \quad \frac{\text{кг}}{\text{кг}} ;$$

питомий розхі нормальної пари:

$$D_{\text{уд.н.п}} = \frac{D_{\text{уд}} i_n}{640} \quad \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

### *Послідовність розрахунків сушильної машини*

Обраний вентилятор при максимальному значенні к. к. д. має продуктивність  $V_0$  м<sup>3</sup>/год і статичний напір  $H_{\text{ст}}$  мм вод. ст. Приймаємо відповідно до вказівок температуру повітря в камері сушильної машини  $t_c$  і воломіст  $d_2$

При робочих параметрах повітря продуктивність і напір вентилятора рівні:

$$V_{\text{р}} = V_0 ;$$

$$H_{\text{р}} = H_{\text{ст}} \frac{\gamma_{\text{р}}}{1,2} \text{ мм вод. ст.}$$

Опір циркуляційного контуру повинен бути таким, щоб забезпечити роботу вентилятора в обраній точці з максимальним к. к. д. Приймаємо швидкість повітря в калорифері 5 м/сек. По відповідній для даного калорифера формулі обчислюємо втрати напору в калорифері  $\Delta p_k$ .

Місцевий опір повітропроводів і пухоочищаючих сіток приймаємо рівним:

$$\Delta p_m + \Delta p_{сет} = 7 \text{ мм вод. ст.}$$

Залишок напору вентилятора витрачається на дуття із сопел, або інших обдувальних пристроїв:

$$\Delta p_c = H_p - \Delta p_k - 7 \quad (3.9)$$

Маючи такий наявний напір визначимо розрахункову швидкість виходу повітря з дуттєвих отворів  $v_0$  по формулі:

$$v_0 = \sqrt{\frac{1}{\zeta}} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{\gamma} \Delta p_c} = \mu \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8}{\gamma} \Delta p_c}$$

Ця швидкість повинна відповідати доцільному значенню. Знаючи швидкість дуття  $v_0$ , визначаємо час сушіння  $\tau$ . При цьому ширина сопла  $b$  (або діаметр отворів  $D$  та й їх крок в ряду  $s_2$ ), а крок сопел  $s$  вчислюється по формулі:

$$s = s_1 = \left( \frac{a}{1,2} + \sqrt{0,031a^2 + \frac{\zeta v_0 b H \gamma}{92 \Gamma \eta}} \right) - a^2$$

де  $\zeta$  - ціна електроенергії в *конт/квт·год*;

$H$  - повний напір вентилятора в *мм. вод. ст.*;

$\gamma$  - щільність повітря в сушарці *кг/м<sup>3</sup>*;

$\eta$  - к. к. д. вентилятора з приводом;

$\Gamma$  – величина, що залежить від вартості 1 пог. м машини даного типу, вартості виробничого приміщення, затрат на його вентиляцію (для сушильно-ширильних машин  $\Gamma = 8$ )

$$a = \sqrt{2h + 4,1b}$$

Потенціал сушки ( $t_c - t_m$ ) встановлюється по діаграмі  $i - d$  за прийнятими значеннями  $t_c''$  і  $d_2$ . Температура повітря після калорифера  $t_c''$  приймається вищою  $t_c$  на  $5^\circ$ . Визначивши час сушіння  $\tau$ , встановлюємо активну довжину заправки  $l_a$  по формулі:

$$l_a = \frac{v_{mk} \tau}{60} \text{ м}$$

Загальна потрібна площа отворів для дуття встановлюється за відомою величиною  $l_a$ , на основі прийнятих  $b$  ( $D, s_2$ ),  $s$  і максимальної ширини тканини  $\Pi$ . Наприклад, для щілинних сопел загальна потрібна площа отворів:

$$F_c = b\Pi \frac{l_a}{s} 2 \text{ м}^2$$

де  $b$ ,  $\Pi$ ,  $l_a$ ,  $s$  виражені в метрах, коефіцієнт 2 враховує наявність обдування тканини з двох сторін.

Загальний розхід циркуляційного повітря визначаємо за формулою:

$$V = 3600v_0 F_c \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $v_0$  - швидкість виходу повітря з вихідного отвору сопла в  $\text{м}/\text{сек}$ ;

$F_c$  - сумарна площа вихідних отворів всіх сопел в  $\text{м}^2$ ;

На основі розрахованих витрат тепла  $Q$ , коефіцієнта теплопередачі  $k$  для обраного калорифера встановлюємо потрібну поверхню нагріву калориферів  $F_k$  за формулою:

$$F_k = \frac{Q_k}{k\Delta t_k} \text{ м}^2, \quad (3.10)$$

де  $k$  - коефіцієнт теплопередачі від пари до повітря в калорифері.

Потрібне число секцій в машині:

$$n_c = \frac{V}{V_p n_b},$$

де  $n_{\text{в}}$  - число вентиляторів в секції.

Число секцій  $n_{\text{с}}$  округляється до цілого числа.

Активна заправна довжина в секції:

$$l_{\text{а}}^{\text{с}} = \frac{l_{\text{а}}}{n_{\text{с}}} \quad \text{м}$$

Площа нагріву калориферів в одній секції:

$$F_{\text{к}}^{\text{с}} = \frac{F_{\text{к}}}{n_{\text{с}}}$$

Шляхом ескізних креслярських прикидок в секції розміщуються вентилятори в кількості  $n_{\text{в}}$ , калорифери з поверхнею нагріву  $F_{\text{а}}^{\text{с}}$  і дугтєві пристрої, що забезпечують обдув тканини на довжині  $l_{\text{а}}^{\text{с}}$ . При цьому стандартні калорифери розміщуються в один ряд. Розміщення калориферів полегшується, якщо відразу знайти займану площу по фронту входу повітря  $F_{\text{вх}}$ .

Для кожного типу калорифера існує своє співвідношення:

$$F_{\text{вх}} = k_1 F_{\text{ж}} ,$$

Де  $F_{\text{ж}} = \frac{V_{\text{р}} n_{\text{в}}}{5}$  - живий перетин для проходу повітря.

Для калориферів типу СТД  $k_1 = 1,6$ ; КФС і КФБ -  $k_1 = 1,74$ ; КФСО і КФБО -  $k_1 = 2,5$ .

Оскільки стандартні калорифери мають певне співвідношення розмірів, встановлені в секції калорифери будуть відрізнятись по поверхні нагрівання від потрібної  $F_{\text{к}}^{\text{с}}$ .

Після розміщення в секції калориферів, вентиляторів і обдуваючих пристроїв необхідно повторити розрахунок, з тим щоб на цій основі точно розрахувати опір калориферів, сіток, поворотів, уточнити площу дугтєвих отворів і забезпечити роботу вентиляторів в режимі максимального к. к. д.

#### *Перевірочний розрахунок*

Вентилятор повинен працювати в точках  $V_{\text{р}}$ ,  $H_{\text{р}}$ . На підставі креслення секції підраховуємо  $\Delta p_{\text{к}}$ ,  $\Delta p_{\text{м}}$ ,  $\Delta p_{\text{ст}}$ .

На сопла приходиться перепад

$$\Delta p_c = H_p - \Delta p_k - \Delta p_{ст} - \Delta p_m$$

Обчислюємо нову швидкість дуття  $v_0$  і нову площу дуттєвих отворів в секції:

$$F_c^c = \frac{V_p n_B}{v_0}$$

За рахунок зміни ширини соплових щілин (або діаметра отворів) встановлюємо в кресленнях нову площу дуттєвих отворів. Це дозволяє забезпечити прийнятний режим роботи вентиляторів з максимальним к. к. д. Фактичний час перебування тканини в сушильній машині:

$$\tau_{\Phi} = \frac{60 l_a^c n_c}{v_{mk}} \text{ сек} \quad (3.11)$$

Висушування тканини від вологості  $\omega_1$  до  $\omega_2$  буде забезпечено, якщо потенціал сушки  $(t_c - t_m)$  буде рівним величині потенціалу, визначеного з формули тривалості сушіння після підстановки в цю формулу  $\tau_{\Phi}$ .

Нехай визначена з формули тривалості сушіння різниця  $(t_{c1} - t_{m1})$ .

Із формули (4.10)

$$\Delta t = t_s - \frac{t_c' + t_c''}{2} = \frac{Q}{k F_k^c n_c} \quad (3.12)$$

Коефіцієнт теплопередачі в калорифері обчислюється для фактичної швидкості  $v$  повітря в живому перетині фактично розміщених в секції калориферів:

$$v = \frac{V_p n_B}{F_{жк}} \quad (3.13)$$

З іншої сторони ,

$$Q = V_p n_B n_c \gamma_p c_{вл.в} (t_c'' + t_c')$$

Із системи рівнянь (4.12) і (4.13) визначаємо  $t_c'$  і  $t_c''$ . Тоді можна визначити фактичну температуру мокрого термометра:

$$t_m = t_c'' - (t_{c1} - t_{m1})$$

За знайденими величинами  $t_c''$  і  $t_m$  знаходиться за допомогою діаграми

$i - d$  вологовмісту повітря  $d_2$ . Ця величина  $d_2$  не повинна значно відрізнятися від раніше прийнятої. В іншому випадку необхідно провести розрахунок витрати тепла  $Q$  при новому  $d_2$  і повторити останній етап розрахунку сушарки з новим значенням  $Q$ . Знайдене  $d_2$  повинно відповідати доцільним значенням вологовмісту.

### 3.3 Характеристика давача вологості ZS-96A

ЕСОМАТ АМЛ служить для зменшення споживання теплової енергії. Щоб оптимізувати даний показник необхідно контролювати відсоток водяної пари у відпрацьованому повітрі. Управління даним процесом здійснюється шляхом зміни налаштування заслінок або швидкості викачування пари з камер сушіння.

Вимірювання вологи пари в системі АМЛ здійснюється за допомогою давача ZS-96A.

Датчик (ZS-96A) працює на основі запатентованої вимірювального приладу (подвійний цирконію клітин діоксид), і дозволяє точне вимірювання об'єму водяної пари і кисню, навіть при змішуванні з іншими газами, він робить це шляхом застосування конкретної напруги, щоб іонізувати як елементарний кисень, який поєднаний з водяною парою. Процентний вміст кисню і водяної пари, потім визначається результируючим струмом.

Представлений датчик продовжує здійснювати виміри при температурі до 300 ° C. Цей тип вимірювання гарантує, що будь-які сторонні гази практично не мають негативного впливу на виміри.

### 3.4 Принцип вимірювання вологості в процесі сушіння

Значні кількості гарячого повітря використовується для

випаровування великої кількості води (вологи), і видалення з сушарки отриманої суміші гарячого повітря і водяної пари. Співвідношення між ними є життєво важливим значенням для ефективної роботи всього сушильного процесу. Тому необхідно збагатити повітря оптимальною кількістю водяної пари.

Кількість води в сушці у будь-який період часу безперервно змінюється відповідно з вагою і ширині матеріалу. Вологість вихлопних газів необхідно вимірювати безперервно і налаштувати заслінки вихлопних або швидкості витяжкою автоматично.

Графік нижче ілюструє, наскільки витрати на опалення сушильної камери залежить від обсягу необхідного свіжого повітря і як наслідок від вмісту води відпрацьованої повітрям. У той час як ефективність кривої випаровування А залишається відносно сталою. Крива економічного індексу В досить різко зростає, особливо коли вихлопні клапани широко відкриті і, як наслідок, вихлопи містить тільки низький відсоток водяної пари. Заслінки повинні бути фактично, встановлений таким чином, щоб було якомога більше водяної пари в повітрі.

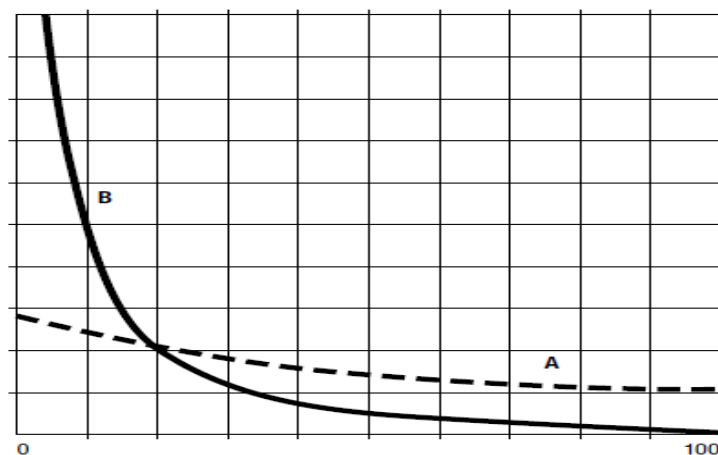


Рисунок 3.1 – Залежність витрат на опалення сушильної камери від обсягу необхідного свіжого повітря і вмісту води відпрацьованої повітрям.

В – кількість повітря, А – крива ефективності.



### Технічна інформація

<i>Вимірювана величина</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>O<sub>2</sub>\Шкідливі гази</i>
<i>Вимірювана величина</i>	0 - 100 % відн волог. 266/622/1000 г\кг	0-100 % віднош вологості
<i>Точність</i>	= 1% Діапазону вимірюваних значень	
<i>Стабільність</i>	+ - 2% відносної вологості за 2 р	
<i>Порти датчиків</i>	0-20mA/ 4-20mA, CAN(тільки тоді, коли пов'язана з основною модуль і хостом-комп'ютерного інтерфейсу CAN-Bus, Profibus, TCP/IP)	
<i>Максимальна робоча темп.</i>	Контролер датчика: 0... + 50°C Датчик: :-0...+ 300°C	
<i>Максимальна температура зберігання</i>	Контролер датчика: 0... + 50°C Датчик: :-25...+ 300°C	
<i>Екологічна оцінка</i>	JWE to DIN 40040 standards	
<i>Джерело живлення</i>	24V AC/DC 75Вт	

<b><i>Підключення</i></b>	3-PG9 кабельні вводи з IP 64 стандарти (на електронний корпус вище фланця)	
<b><i>Механічні дані</i></b>	Сенсор	Контролер сенсора
<b><i>Будова</i></b>	Нержавіюча сталь (material.no. 1.4305)	Литий під тиском алюмінієвий корпус
<b><i>Ступінь захисту</i></b>	Тільки для вимірювання газів	Для IP- 64 стандарту
<b><i>Вага</i></b>	2.5кг (приблизно)	

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1. Ідентифікація моделювання параметрів системи транспортування з асинхронним приводом

В ході аналізу технологічного процесу визначені особливостей функціонування дозатора сипких матеріалів на базі транспортера з асинхронним приводом. Встановлено, що до найбільш бажаного варіанту слід віднести виконання ЕП транспортера з асинхронним приводом по системі ТПН-АД, як простішому в експлуатації і такому, що вимагає створення двоконтурної системи підлеглого регулювання з внутрішнім контуром швидкості  $i$ , власне кажучи, зовнішнім технологічним контуром, де використовується, власне, зворотний зв'язок по продуктивності  $Q$  транспортера з асинхронним приводом або вазі  $G$  сипкого матеріалу. ЕП транспортера, власне, з асинхронним приводом, виступаючої в ролі еталону якості перехідних процесів з відповідною точністю дозування, може бути прийнятий тиристорний ЕП постійного струму із спрощеною двоконтурною системою підлеглого регулювання при використанні в контурі швидкості зворотного зв'язку або за швидкістю двигуна, у разі застосування машини з вбудованим тахогенератором, або, що ще простіше, з датчиком ЕРС двигуна і відповідним зворотним зв'язком, з відсутнім внутрішнім контуром струму. Завдання обмеження якірного струму розв'язується шляхом застосування того, що попереджує струмообмеження. Прикладом таких систем є електроприводи серії ЕПУ-2 (Росія) і ТНР (Польща). При цьому зовнішній технологічний контур аналогічний ЕП змінного струму.

З урахуванням специфіки роботи дозатора сипких інгредієнтів на базі транспортера з асинхронним приводом, а також виходячи з його конструкції, можна бачити, що мають місце наступні режими його функціонування:

а) режим холостого ходу, коли в транспортера з асинхронним приводом відсутній сипкий матеріал;

б) режим початку заповнення транспортера з асинхронним приводом, який може відбуватися як при розгоні електроприводу, так і на його сталій швидкості, що приводить до змінності маси, що транспортується, при постійності коефіцієнта пружного зв'язку;

в) режим повного заповнення транспортера з асинхронним приводом з постійною рухомою масою;

г) рекомендований в режим звільнення транспортера з асинхронним приводом від матеріалу по закінченню процесу дозування;

д) аномальний режим повного заповнення транспортера з асинхронним приводом, коли зникає вільна від матеріалу ділянка спіралі перед ЗП;

е) найбільш відповідальний режим точного дозування, коли ЕП працює на зниженій швидкості, не виключено, що ця швидкість відповідає, як показано далі, швидкості «падаючої» ділянки, зокрема, механічної характеристики навантаження.

Слід сказати, що в режимах а) і б) є декілька кілець спіралі в технологічно незаповненому просторі транспортера з асинхронним приводом, де здійснене з'єднання двигуна із спіраллю, які можуть бути віднесені до пружного елемента з постійним коефіцієнтом жорсткості  $C_{12}$ . У режимі г) у міру звільнення матеріалу з транспортера з асинхронним приводом, дана жорсткість зменшується, оскільки йде звільнення витків спіралі від сипкого матеріалу.

Розгляд режимі роботи і, зазвичай, режимів функціонування (рис. 4.1) дає, власне кажучи, можливість представити, вочевидь, кінематичну схему механічної, власне кажучи, частини приводу на базі транспортера з асинхронним приводом у вигляді:

а) одномасової, власне кажучи, системи на холостому ході;

б) Зокрема, двохмасової системи, що працює з стабільною сталою жорсткістю  $C_{12}$  і, на нашу думку, змінним моментом інерції другої маси  $J_2$  у, зокрема, режимі заповнення;

в) двохмасової системи з, зокрема, постійними  $C_{12}$  і  $J_2$  при, безумовно, основному режимі роботи;

г) двохмасової системи із змінними, на нашу думку,  $C_{12}$  і  $J_2$  у режимі, власне, вивільнення.

Структурні схеми даних ЕП в двохмасовому варіанті приведені на рис. 4.2 в загальноприйнятих позначеннях. Там же показаний нелінійний характер навантаження. Індексми, власне,  $C_{12}(\times)$ ,  $J_2(\times)$  позначені, вочевидь, змінність жорсткості спіралі і, безумовно, другої маси, коефіцієнт  $b$  відповідає жорсткості, безумовно, механічній характеристиці асинхронного двигуна, а коефіцієнти  $K_{ТП}$ ,  $K_M$  – характеризують, зазвичай, електромеханічне перетворення в приводі і контурах, статорів, АД. Дані схеми легко можуть бути перетворені для характеристики одномасового ЕП.

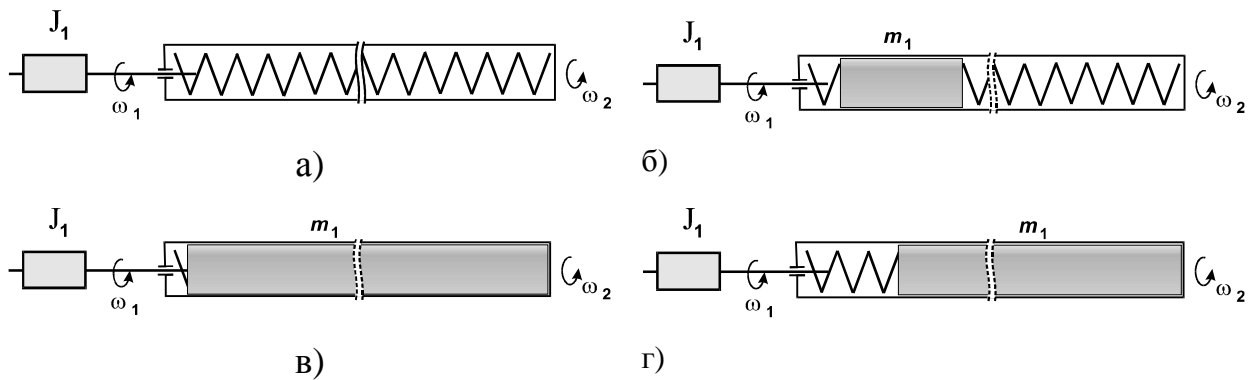


Рисунок 4.1 – Кінематичні схеми дозаторів сипких матеріалів при різних режимах функціонування

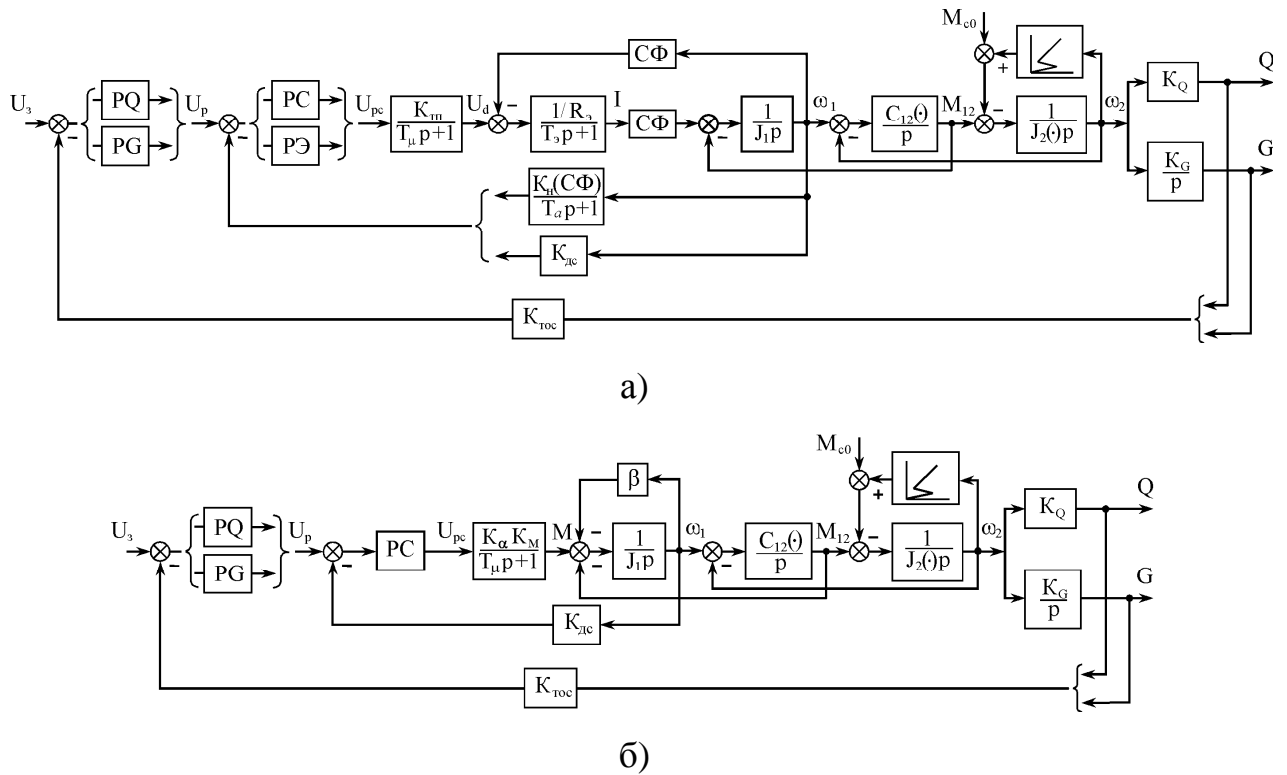


Рисунок 4.2 – Структурні схеми дозаторів сипких матеріалів на базі транспортера з асинхронним приводом з системами електроприводу: а) ТП-Д; б) ТПН-АД

Відповідно до і за наслідками проведених експериментальних досліджень прийнята наступна нелінійна механічна характеристика транспортера з асинхронним приводом зображена на рис.2.3. Умовно вона розбита на чотири ділянки: перший - початкового навантаження  $M_{C0}$ , коли перед початком руху транспортера з асинхронним приводом повинен подолати сили спокою, тут  $b_C = \neq$ ; другий - коли матеріал в транспортера з асинхронним приводом починає рухатися і відбувається зростання навантаження у міру збільшення швидкості спіралі,  $b_C > 0$ ; третій – ділянка, коли починає виявлятися процес проковзування і пересипання матеріалу через витки спіралі, тут  $b_C < 0$ ; четвертий - тут весь потік матеріал починає рівномірно рухатися по гвинтовій траєкторії уздовж транспортера до ВП.

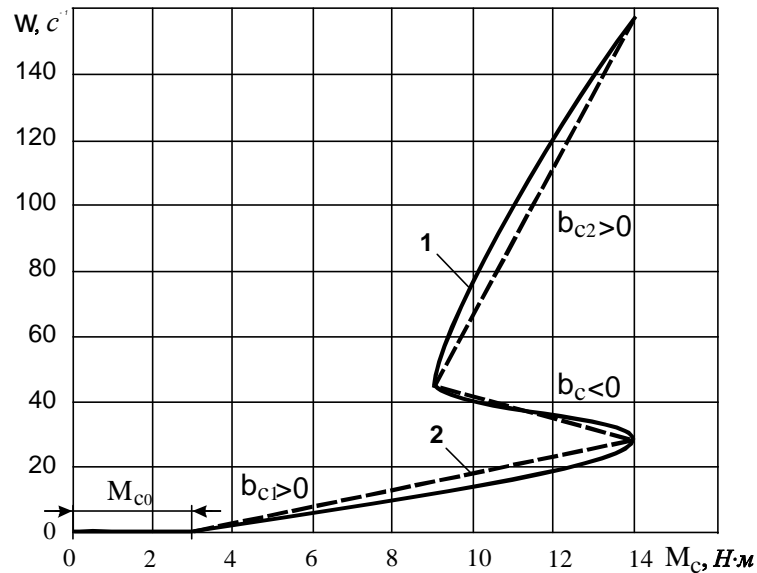


Рисунок 4.3 - Механічна крива, яка характеризує режим нелінійного навантаження транспортера з асинхронним приводом (1) і її лінеаризація (2)

Математично нелінійне навантаження транспортера з асинхронним приводом представляється у вигляді:

$$M_c = \begin{cases} M_{c0} + b_{c1} \omega_2; & b_{c1} = 0,4 \text{ H} \times \text{м} \times \text{с}; & M_{c0} = 3 \text{ H} \times \text{м}; & 0 \leq \omega_2 \leq 30 \text{ c}^{-1}; \\ - b_c \omega_2; & |b_c| = 0,34 \text{ H} \times \text{м} \times \text{с}; & & 30 \leq \omega_2 \leq 44,7 \text{ c}^{-1}; \\ + b_{c2} \omega_2; & b_{c2} = 0,045 \text{ H} \times \text{м} \times \text{с}; & & 44,7 \leq \omega_2 \leq 157 \text{ c}^{-1}, \end{cases} \quad (4.1)$$

де числові значення відповідають результатам експериментальних досліджень.

#### 4.2. Розрахунок параметрів транспортера для транспортування крохмальної каші

Як наголошувалося в першому розділі конструкції транспортера з асинхронним приводом різноманітні. Для подальшого розгляду узятий транспортер з асинхронним приводом з прямолінійною трасою. Прийнято, що електропривод зчленований із спіраллю безпосередньо. Завантажувальний і розвантажувальний пристрої (ЗП і РП) дозволяють виконувати завантаження і розвантаження транспортера з асинхронним

приводом сипким матеріалом без зависань і заторів. спіраль виконана з круглого пружинного дроту.

Основні конструктивні параметри транспортера з асинхронним приводом приведені табл. 4.1 і показані на рис. 4.4. Параметри спіралі показані на рис. 4.5. Всі величини, вказані в табл.4.1 відповідають реальному транспортеру з асинхронним приводом.

На підставі конструкції транспортера з асинхронним приводом і значень параметрів знайдемо параметри кінематичних схем транспортера з асинхронним приводом при різних режимах його роботи.

Об'єм транспортера  $V_{тр}$  визначається по формулі:

$$V_{тр} = F_{тр} \cdot L_{тр} \quad (4.2)$$

де  $F_{тр}$  - площа перетину транспортера,  $m^2$ , яка знаходиться по формулі

$$F_{тр} = \frac{\rho}{4} D_{тр}^2 \quad (4.3)$$

$L_{тр}$  - довжина транспортера, м.

Після підстановки значень одержимо:

$$F_{тр} = 0.004418 \text{ м}^2 \text{ і } V_{тр} = 0.022 \text{ м}^3.$$

Об'єм завантажувального  $V_{зав}$  і вивантажного  $V_{вив}$  пристроїв:

$$V_{зав} = F_{тр} \cdot l_{зав}; \quad V_{вив} = F_{тр} \cdot l_{вив} \quad (4.4)$$

Згідно конструкції транспортера з асинхронним приводом маємо:

$$\text{при } l_{зав} = l_{вив}, \text{ тоді } V_{зав} = V_{вив} = 0.001325 \text{ м}^3$$

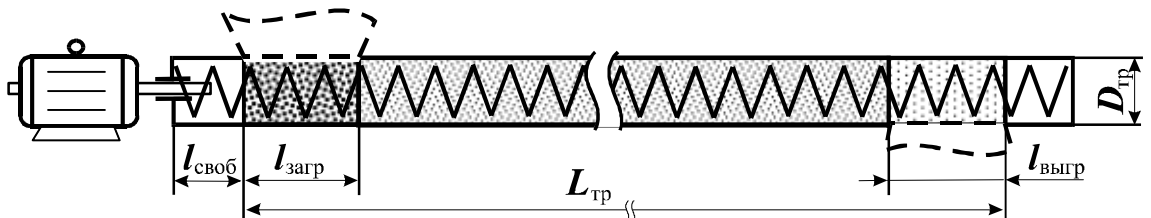


Рис 4.4 - Пристрій спірально-гвинтового транспортера



Таблиця 4.1

## Конструктивні параметри транспортера з асинхронним приводом

Параметр	Позначення	Од. виміру.	Значення
1. Продуктивність	$Q$	$t/g$	2,5
2. Коефіцієнт продуктивності	$K_n$	$в.о.$	0,95
3. Довжина транспортера	$L_{тр}$	$м$	5
4. Внутрішній діаметр кожуха	$D_{тр}$	$м$	0,075
5. Довжина завантажувального пристрою	$l_{зав}$	$м$	0,3
6. Довжина вивантажного пристрою	$l_{вив}$	$м$	0,3
7. Довжина вільної спіралі, що знаходиться перед завантажувальним пристроєм	$L_{вільне}$	$м$	0,2
8. Діаметр спіралі	$d_{спір}$	$м$	0,065
9. Діаметр дроту, з якого зроблена спіраль	$d_{др}$	$м$	0,008
10. Крок спіралі	$S_{спір}$	$м$	0,04
11. Питома жорсткість спіралі	$C_{спір}$	$Нм^2/рад$	14,52

Маса сипкого матеріалу в транспортері ( $m_{\text{тр}}$ ) і в завантажувальному або вивантажному пристрої ( $m_{\text{зав}}=m_{\text{вив}}$ ) знайдемо відповідно, кг:

$$m_{\text{тр}} = V_{\text{тр}} \times q \quad (4.5)$$

$$m_{\text{зав}} = m_{\text{вив}} = V_{\text{зав}} \times q = V_{\text{вив}} \times q \quad (4.6)$$

де  $q$  – питома маса матеріалу, що транспортується,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Із-за істотної різниці об'єму жолоба і об'єму спіралі, то об'єм спіралі не відніматимемо із загального об'єму транспортера.

Для прикладу розглянемо транспортуючий матеріал – крейда з питоною вагою  $q=1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Тоді для відповідних мас (4.5), (4.6) одержимо:

$$m_{\text{тр}} = 26.507 \text{ кг}, m_{\text{зав}} = m_{\text{вив}} = 1.59 \text{ кг}$$

Визначимо момент інерції транспортуючого матеріалу в транспортері  $J_{\text{тр}}$  завантажувальному  $J_{\text{зав}}$  і вивантажувальному  $J_{\text{вив}}$  пристрої відповідно. При цьому припустимо, що матеріал рівномірно займає весь обсяг і обертається з однаковою швидкістю:

$$J_{\text{тр}} = m_{\text{тр}} \times \frac{D_{\text{тр}}^2}{8} \quad (4.7)$$

$$J_{\text{загр}} = m_{\text{загр}} \times \frac{D_{\text{тр}}^2}{8} \quad (4.8)$$

$$J_{\text{выгр}} = m_{\text{выгр}} \times \frac{D_{\text{тр}}^2}{8} \quad (4.9)$$

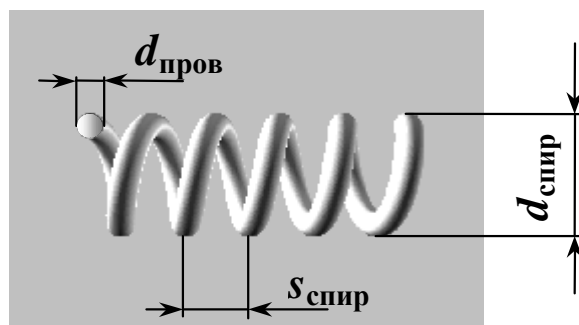


Рисунок 4.5 – Елемент спіралі транспортера з асинхронним приводом

Підставивши відповідні величини, отримаємо:

$$J_{\text{тр}} = 0.019 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, J_{\text{зав}} = J_{\text{вив}} = 0.001118 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Момент інерції спіралі  $J_{\text{спір}}$  (рис.2.5), що знаходиться в транспортері, знайдемо при наступних припущеннях. Замінімо спіраль еквівалентним порожнистою циліндром, зовнішній радіус якого рівний,  $d_{\text{спір}}/2$ , а товщина його дорівнює товщині дроту  $d_{\text{др}}$ , а маса дорівнює масі спіралі  $m_{\text{спір}}$ :

$$J_{\text{спір}} = m_{\text{спір}} \frac{\frac{d_{\text{спір}}^2}{2} \frac{d_{\text{др}}^2}{2} - \frac{d_{\text{спір}}^2}{2} \frac{d_{\text{др}}^2}{2}}{2} \quad (4.10)$$

Масу спіралі  $m_{\text{спір}}$  знайдемо по формулі, кг:

$$m_{\text{спір}} = l_{\text{др}} \times f_{\text{др}} \times q_{\text{спір}} \quad (4.11)$$

де  $l_{\text{др}}$  - довжина дроту, спіралі, що йде на виготовлення, м;  $f_{\text{др}}$  - площа перетину дроту,  $\text{м}^2$ ;  $q_{\text{спір}}$  - питома вага матеріалу, з якого виготовлена спіраль,  $\text{кг}/\text{м}^3$ : залізо -  $q_{\text{спір}} = 7860 \text{ кг}/\text{м}^3$  [30].

Площа перетину дроту рівна:

$$f_{\text{др}} = \rho \times \frac{d_{\text{др}}^2}{2} \quad (4.12)$$

Підставивши значення, маємо:

$$f_{\text{др}} = \rho \times \left( \frac{8 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 = 5.027 \times 10^{-5} \text{ м}^2$$

Довжина дроту  $l_{\text{др}}$  знаходиться по формуле [2]:

$$l_{\text{др}} = \frac{L_{\text{тр}}}{\sin(a_{\text{спір}})} \quad (4.13)$$

де  $a_{\text{спір}}$  - кут підйому спіралі в градусах.

Знайдемо  $a_{\text{спір}}$  по формулі:

$$a_{\text{спір}} = \arctg \frac{C_{\text{спір}} S_{\text{спір}} \ddot{\varphi}}{C_{\text{спір}} \times d_{\text{спір}} \ddot{\varphi}} \quad (4.14)$$

Підставивши значення одержимо:

$$a_{\text{спір}} = \arctg \frac{0.04}{0.065} = 11.083^\circ;$$

$$l_{\text{др}} = \frac{5}{\sin(a_{\text{спір}})} = 26.01 \text{ м};$$

$$m_{\text{спір}} = 26.01 \times 5.027 \times 10^{-5} \times 7860 = 10.276 \text{ кг};$$

$$J_{\text{спір}} = 10.276 \frac{\frac{0.065 \ddot{\varphi}^2}{2} - \frac{0.065}{2} - 0.008 \ddot{\varphi}^2}{2} = 0.002343 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Жорсткість спіралі транспортера з асинхронним приводом рівна,  $\text{Н/рад}$ :

$$C_{\text{спір}} = \frac{C_{\text{пф}}}{L_{\text{тр}}} \quad (4.15)$$

де  $C_{\text{пф}}$  - питома жорсткість спіралі,  $\text{Н}\cdot\text{м}^2/\text{рад}$ . При  $C_{\text{пф}} = 14,52 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{рад}$ .

В результаті матимемо:

$$C_{\text{спір}} = \frac{14.52}{5} = 2.904 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{рад}.$$

Жорсткість вільної спіралі, що знаходиться перед завантажувальним пристроєм,  $\text{Н/рад}$ :

$$C_{\text{вільне}} = \frac{C_{\text{пф}}}{l_{\text{вільне}}} \quad (4.16)$$

де  $l_{\text{вільне}}$  - довжина вільної спіралі, рівна 0.2 м.

$$C_{\text{вільне}} = \frac{14.52}{0.2} = 72.6 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{рад}.$$

З урахуванням специфіки роботи, особливостей кінематичних схем і механічної характеристики транспортера з асинхронним приводом, які наголошувалися в першому розділі, можна виділити шість основних режимів

роботи ЕП дозатора сипких інгредієнтів на базі транспортера з асинхронним приводом:

а) холостий хід (рис. 4.1,а), коли дані системи рис. 4.2 стають одномасовими з моментом інерції  $J=const$ , який складається з моменту інерції двигуна  $J_{дв}$  і спіралі  $J_{спір}$ ;

б) повне або часткове завантаження одномасових систем - аномальний режим роботи, коли по якихось причинах забита матеріалом вільна ділянка спіралі. при цьому  $J=var$ . Він як і в попередньому режимі полягає з  $J_{дв}$  і  $J_{спір}$  плюс, що змінюється у міру заповнення транспортера з асинхронним приводом, момент інерції матеріалу  $J_{тр}$ , що транспортується;

в) режим заповнення транспортера (рис. 4.1,б), що змінюється, при двохмасовій кінематиці, коли  $C_{12}=C_{вільне}=const$ ,  $J_1=J_{дв}=const$ ,  $J_2=var$  у межах  $J_{спір}+J_{зав} < J_2 < J_{спір}+J_{тр}$  і зростаючому навантаженню;

г) основний режим роботи на сталій швидкості (рис. 4.1,в), при двохмасовій системі з  $C_{12}=C_{вільне}=const$ ,  $J_1=J_{дв}=const$ ,  $J_2=J_{спір}+J_{тр}=const$  і повному навантаженню;

д) режим дозування, коли двохмасова система має параметри як в попередньому режимі, але працює при зниженій швидкості на падаючій ділянці ( $b_c < 0$ ) нелінійного навантаження (рис. 4.1,в);

е) режим вивантаження, коли в двохмасових системах, відбувається значне зменшення  $C_{12}$  і  $J_2$  (рис. 4.1,г), а також навантаження ЕП. На початку даного режиму значення параметрів будуть такими ж як в режимі д). Проте закінчення режиму відповідає звільненню від переміщуваного матеріалу практично всієї спіралі до вивантажного пристрою (рис. 4.1,г). В цьому випадку приймемо, що момент інерції спіралі рівним чином належить обом масам, тобто половину віднесемо до першої маси, а половину до другої. Отже на початку режиму е)  $J_1=J_{дв}$ ,  $C_{12}=C_{вільне}$   $J_2=J_{спір}+J_{тр}$ , а по його закінченню  $J_1=J_{дв}+J_{спір}/2$ ,  $C_{12}=C_{спір}$   $J_2=J_{спір}/2+J_{вигр}$ . При цьому ЕП працюватиме з

мінімальним навантаженням, яке відповідає висхідній ділянці механічної навантаження транспортера з асинхронним приводом (рис.4.3) з жорсткістю  $b_{c1} > 0$ .

У табл. 4.2 приведені вирази за допомогою яких легко визначити діапазон зміни параметрів механічної частини ЕП транспортера з асинхронним приводом.

Таблиця 4.2

Параметри кінематичної схеми транспортера з асинхронним приводом при різних режимах роботи ЕП

Режим роботи ЕП	Параметр		
	$J_1, \text{Нм}^2$	$C_{12} \frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{рад}}$	$J_2, \text{Нм}^2 \times$
а)	$J_{\text{дв}} + J_{\text{спір}}$	---	---
б)	$J_{\text{дв}} + J_{\text{спір}} + J_{\text{тр}}$	---	---
в)	$J_{\text{дв}}$	$C_{\text{вільне}}$	$J_{\text{спір}} + J_{\text{зав}} < J_2 < J_{\text{спір}} + J_{\text{тр}}$
г), д)	$J_{\text{дв}}$	$C_{\text{вільне}}$	$J_{\text{дв}} + J_{\text{спір}}$
е)	$J_{\text{дв}} < J_1 < J_{\text{дв}} + J_{\text{спір}}/2$	$C_{\text{вільне}} > C_{12} > C_{\text{спір}}$	$J_{\text{тр}} + J_{\text{спір}} > J_2 > J_{\text{спір}}/2 + J_{\text{вив}}$

На підставі технічних характеристик БСК-10, який узятий за основу досліджуваного транспортера з асинхронним приводом ( $Q = 2.5 \text{ м}^3/\text{г}$ ;  $L_{\text{тр}} = 5 \text{ м}$ ;  $W = 55 \text{ (кВтг) } \times \text{т.м}$ ), розрахуємо по (1.8) потужність приводного електродвигуна  $P$  (кВт), з урахуванням рис. 2.3 для найбільшого навантаження:

$$P = \frac{2,5 \times 5 \times 55}{367} = 1,87 \text{ кВт.}$$

Якщо допустити безперервність подачі сипкого матеріалу від транспортера з асинхронним приводом в бункер-накопичувач (інтегратор), то обидва агрегати об'єднуються в одну технологічну систему вагового дозування. При цьому процес видачі транспортера з асинхронним приводом

потрібної кількості сипкого матеріалу описується інтегруючою ланкою (рис. 4.2, а, б)

$$W_G(p) = \frac{G(p)}{w_2(p)} = \frac{K_G}{p} \text{ де } w_2 - \text{ швидкість спіралі транспортера з}$$

асинхронним приводом,  $s^{-1}$ ;  $G$  – вага відвантаженого сипкого матеріалу, кг;  $K_G$  - коефіцієнт передачі, який знайдемо по формулі:

$$K_G = K_{II} \times q \times \frac{pD_{тр}^2}{4} \times \frac{S_{спір}}{2p} \quad (4.17)$$

За параметрами транспортера з асинхронним приводом і з урахуванням його коефіцієнта продуктивності  $K_{II}=0,95$  розрахуємо коефіцієнт перетворення швидкість-переміщення (вага), який складає величину  $K_G=0,024 \text{ кг/рад}$ .

Не обговорюючи, на нашу думку, тут питання про об'єм бункера і вагу переміщуваного в нього матеріалу, прийmemo, що режим дозування починається в мить, коли до його закінчення залишається, наприклад, п'ять кілограм. Це дає можливість при задаючій напрузі на вході систем (рис. 4.2 а, б), наприклад  $U_{зГ}=10 \text{ В}$  визначити коефіцієнт зворотного зв'язку по масі  $K_{дГ}=2 \text{ В/кг}$ .

### **4.3. Оптимізація систем дозування на базі транспортера з асинхронним приводом**

Останніми роками зросла тенденція до розширення впровадження регульованого ЕП змінного струму з використанням тиристорних перетворювачів. При цьому найбільш простою і апробованою на практиці є система ТПН-АД. Вона дозволяє регулювати швидкість ЕП в діапазоні 20:1, а також забезпечує необхідну плавність пуско-гальмівних режимів. Жорсткі механічні характеристики, що забезпечують роботу на знижених швидкостях, реалізується в даній системі з використанням зворотного зв'язку

за швидкістю двигуна  $w_1$ . Відомо, що при відносно малому часі роботи ЕП на зниженій швидкості практично не потрібно завищувати потужність двигуна.

Через свою простоту і надійність система ТПН-АД є найбільш доцільною для автоматизації транспортера з асинхронним приводом, що працює як дозатор, власне, сипких матеріалів. При великих, вочевидь, об'ємах бункера-масовимірювача процес точного дозування, коли від ЕП потрібна робота на зниженій швидкості, займає не більше 10 секунд, наприклад, режим досипання.

Для аналізу динамічних властивостей ЕП змінного струму в замкнутій системі управління, перш за все, необхідно врахувати, що саме АД є нелінійним об'єктом. Тому всі подальші результати відносяться до області малих відхилень від статичного стану. Для спрощення математичних записів знак відхилення  $D$  опущений. Крім того, допускається можливість знехтувати електромагнітними процесами в АД. Подібні спрощення цілком виправдані. Використання структурної схеми рис. 4.2 для цілей аналізу динаміки ЕП ТПН-АД з двохмасовою кінематикою. Там же обґрунтована можливість використання вказаних вище обмежень.

Найбільший інтерес представляє робота ЕП на падаючій ділянці характеристики навантаження. Тому як початкова точка статичного стану на рис. 2.6,а виберемо крапку з координатами  $w_a, M_c^*$ .

На рис.4.6, б, в показані механічні характеристики ЕП ТПН-АД для замкнутої і розімкненої системи з двигунами серій МТКН і 4А. Звернемо увагу, що через різний вид механічної характеристики АД, зокрема провалу моменту у машини 4А, для якої  $M_{кр}/M_H=2,4$ ,  $M_H/M_H=2,0$ ,  $M_{мін}/M_H=1,2$ , в точці  $w_a$  при ковзаннях  $s > s_{кр}$  жорсткість  $b$  може приймати як позитивне (двигун МТКН), так і негативне (двигун 4А) значення. Тому надалі для позначення величини жорсткості механічної характеристики двигуна приймемо  $\pm b$ .



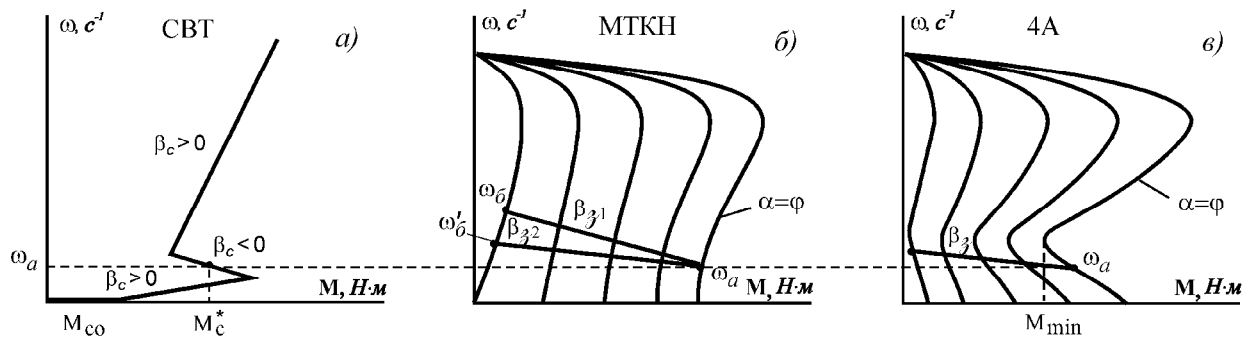


Рисунок 4.6 - Механічні характеристики навантаження транспортера з асинхронним приводом (а) і асинхронного ЕП з двигунами серій МТКН (б) і 4А (в)

Вважатимемо, власне, що швидкість  $w_a$  відповідає переходу АД з природної характеристики на характеристику замкнутої системи. При цьому в точці  $w_a$  кут регулювання ТПН  $\alpha$  рівний фазовому куту навантаження двигуна  $j$ . Якщо відомий перепад швидкості  $Dw = w_b - w_a$ , а отже, жорсткість  $b_z$  замкнутої системи регулювання, то швидкість  $w_b$  належатиме характеристиці АД, відповідної куту  $\alpha = 115^\circ, 135^\circ$  залежно від схеми включення обмоток, статорів машини.

Відзначимо, що при виборі початкової точки  $w_a$  в результаті лінеаризації розраховується фазовий кут навантаження АД, по формулі, виведеній, наприклад, з уточненої Г-подібної схеми заміщення для першої гармоніки:

$$j = \arctg \frac{X}{R} = \arctg \frac{R_2^2 + X_2 X_m + X_2^2}{R_2 X_m} \quad (4.18)$$

$$\text{де } R = \frac{R_2 X_m^2}{R_2^2 + (X_m + X_2)^2}; \quad X = \frac{X_m (R_2^2 + X_2 X_m + X_2^2)}{R_2^2 + (X_2 + X_m)^2}; \quad (4.19)$$

$$R_2 = s r_c + s^2 R_p / s; \quad X_2 = s x_c + s^2 x_p / s; \quad (4.20)$$

$$X_m = x_m + x_c; \quad s = 1 + x_c / x_m;$$

$r_c$ ,  $x_c$ ,  $R\phi$  і  $x\phi$  - відповідно активний і реактивний опір статора і приведений опір контура ротора;  $x_m$  - реактивний опір намагнічуючого контуру.

Якщо  $w_c = \frac{2pf}{p}$  і  $s_a = \frac{w_c - w_a}{w_c}$  то жорсткість природної механічної

характеристики двигуна знаходиться як [32]

$$b = \frac{2M_{кр} w_c s_{кр} [(w_c - w_a)^2 - (w_c - w_{кр})^2]}{[(w_c - w_a)^2 - w_c^2 s_{кр}^2]^2} n_1^2; w_{кр} = w_c(1-s_{кр}) \quad (4.21)$$

Коефіцієнт посилення по моменту при дії на двигун першої гармоніки напруги відносної величини  $n_1$  визначається по виразу:

$$K_M = \frac{4M_{кр} w_c s_{кр} (w_c - w_a)}{(w_c - w_a)^2 + w_c^2 s_{кр}^2} n_1 \quad (4.22)$$

Коефіцієнт посилення ТПН КТП і відповідно коефіцієнти  $K_a$  і  $K_{n1}$  визначаються [32,92] по формулах:

$$K_{ТП} = K_a K_{n1}; \quad K_a = Da_1 / DU_{pc}; \quad K_{n1} = Dn_1 / Da_2 \quad (4.23)$$

Прийmemo, вочевидь, для системи ТПН-АД, власне кажучи, асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором типу 4А90L4У3, з наступними параметрами:  $P_H=2,2$  кВт;  $U_H=380$  В;  $I_H=5,02$  А;  $2p=4$ ;  $w_c=157$  с<sup>-1</sup>;  $s_H=0,051$  в.о.;  $w_H=149$  с<sup>-1</sup>;  $M_H=14,76$  Нм;  $l=2,4$ ;  $M_{кр}=35,42$  Нм;  $s_{кр}=0,23$  в.о.;  $J_1=J_{ДВ}=0,0056$  кг/м<sup>2</sup>.

Виберемо робочу точку на нелінійній характеристиці навантаження рис. 2.5, а з координатами  $w_a=36$  с<sup>-1</sup>,  $M_c^*=12$  Нм ж задамося величиною модуля жорсткості замкненої системи регулювання швидкості  $b_{3,1}=0,33$  Нмж, що визначає початкову нестійкість ЕП змінного струму, оскільки  $\phi_{c,1} = 0,34$  Нмж >  $b_{3,1}$  Тоді для швидкості  $w_\phi$  матимемо:

$$w_{\delta} = w_a + \frac{M_C^*}{b_{3.1}} = 36 + \frac{12}{0,33} = 72,36 \text{ c}^{-1}; \quad Dw_{CT}^* = 36,36 \text{ c}^{-1} \quad (4.24)$$

По співвідношеннях (4.21) і (4.22) для АД 4А90 знайдене  $b=0,0116 \text{ Нмкс}$   $K_M=11,48 \text{ Нм}$  при  $n_1=0,0295$ , узятому з відповідної залежності, а також визначено по (4.23)  $K_{ТТТ}=9,6 \times 0,0295=0,283$ . Відповідно прийнемо  $0,003 \text{ Тт} \approx 0,03 \text{ с}$ . При  $U_{zc}=10 \text{ В}$  для коефіцієнта зворотного зв'язку за швидкістю двигуна  $w_1$  прийняте  $K_{DC}=0,0637 \text{ Вc}$ .

З урахуванням вибраного електродвигуна і його моменту інерції, по виразах з табл. 4.2, розраховані межі зміни параметрів кінематичної схеми транспортера з асинхронним приводом для кожного з основних режимів роботи ЕП змінного струму, які приведені табл. 2.3. Аналіз режимів роботи обумовлює наступний діапазон зміни параметрів механічної частини електроприводу транспортера з асинхронним приводом з ТПН-АД:

$$0,0056 \leq J_1 \leq 0,0142 \text{ кгм}^2; \quad 2,9 \leq C_{12} \leq 72,6 \text{ Нм/рад}; \quad 0,0023 \leq J_2 \leq 0,021 \text{ кгм}^2. \quad (4.25)$$

$$1,34 \leq g \leq 4,75; \quad 41,1 \leq W_{12} \leq 185 \text{ c}^{-1}$$

Таблиця 2.3

Параметри кінематичної схеми транспортера з асинхронним приводом при різних режимах роботи ЕП змінного струму

Режим роботи ЕП	Параметр		
	$J_1, \text{ Нм}^2$	$C_{12}, \text{ Н} \times \text{м}^2 / \text{рад}$	$J_2, \text{ Нм}^2$
а)	0,008		
б)	0,0142		
в)	0,0056	72,6	$0,0034 < J_2 < 0,021$
г), д)	0,0056	72,6	0,021
е)	$0,0056 < J_1 < 0,00675$	$72,6 > C_{12} > 2,9$	$0,021 > J_2 > 0,0023$

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Система контролю програмна реалізація

Система контролю таких параметрів як: вологість, кількість та насиченість водяної пари в сушильних камерах є надзвичайно важливою для промисловості в цілому. Для контролю вологості використовується модульна система для вимірювання, обліку і контролю критичних параметрів процесу - Optipac Vmc-12.

Optipac VMC-12 – модульна система для вимірювання, реєстрації та контролю критичних параметрів процесу протягом всієї робочої ширини, таких як: час затримки, щільність потоку, залишкової вологості, щільності, відсмоктування повітря та інше.

Основні характеристики продукту :

- Модульна архітектура системи;
- Простота в модернізації;
- Інформаційний процес візуалізації;
- Онлайн моніторинг і контроль всіх відповідних параметрів.

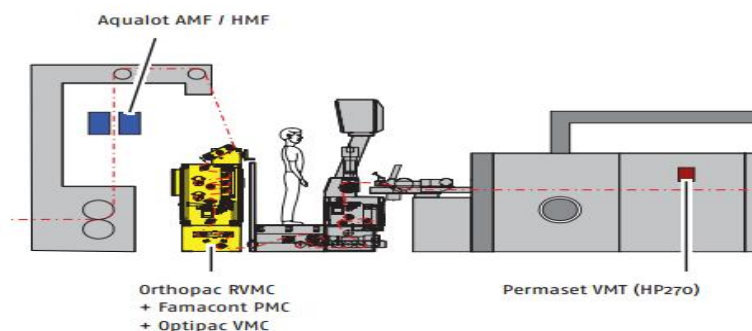


Рисунок 5.1 – Принцип роботи

Ортірас - це модульна система керування технологічними процесами для контролю різних важливих параметрів. Різні інтелектуальні датчики можуть бути з'єднані з базовим блоком через підключення шини. Різні параметри процесу можуть бути виміряні, візуалізовані, контрольовані та задокументовані за допомогою спеціальної програми, наприклад Print-server. Перевагами системи: сенсорний екран системи відображення вимірювань; індивідуально змінюване відображення вимірюваних значень полегшення контролю повного процесу користувачем; можливість завжди контролювати фонові додатки; опція перемикання дозволяє приведенням відповідних додатків, необхідних для переднього плану.

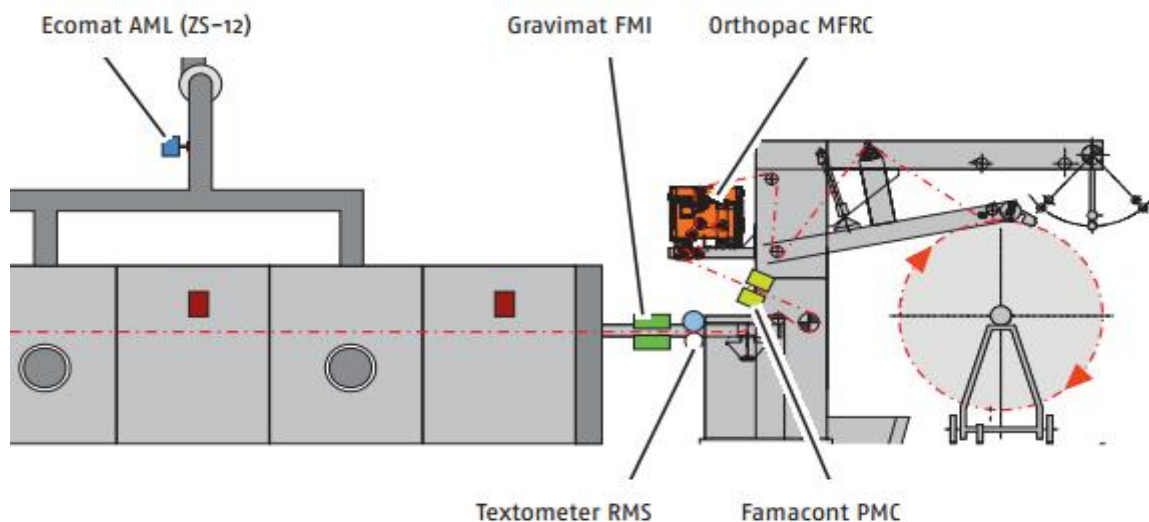


Рисунок 5.2 – Розташування датчиків

## 5.2 Візуалізація

Всі дані які поступають з датчиків передаються на екран пульта управління. Контроль здійснюється за допомогою натискань на відповідні команди на тач скріні. Візуалізація графічної оболонки проста для

використання та інтуїтивна. Вся основна інформація виводиться на головний екран.

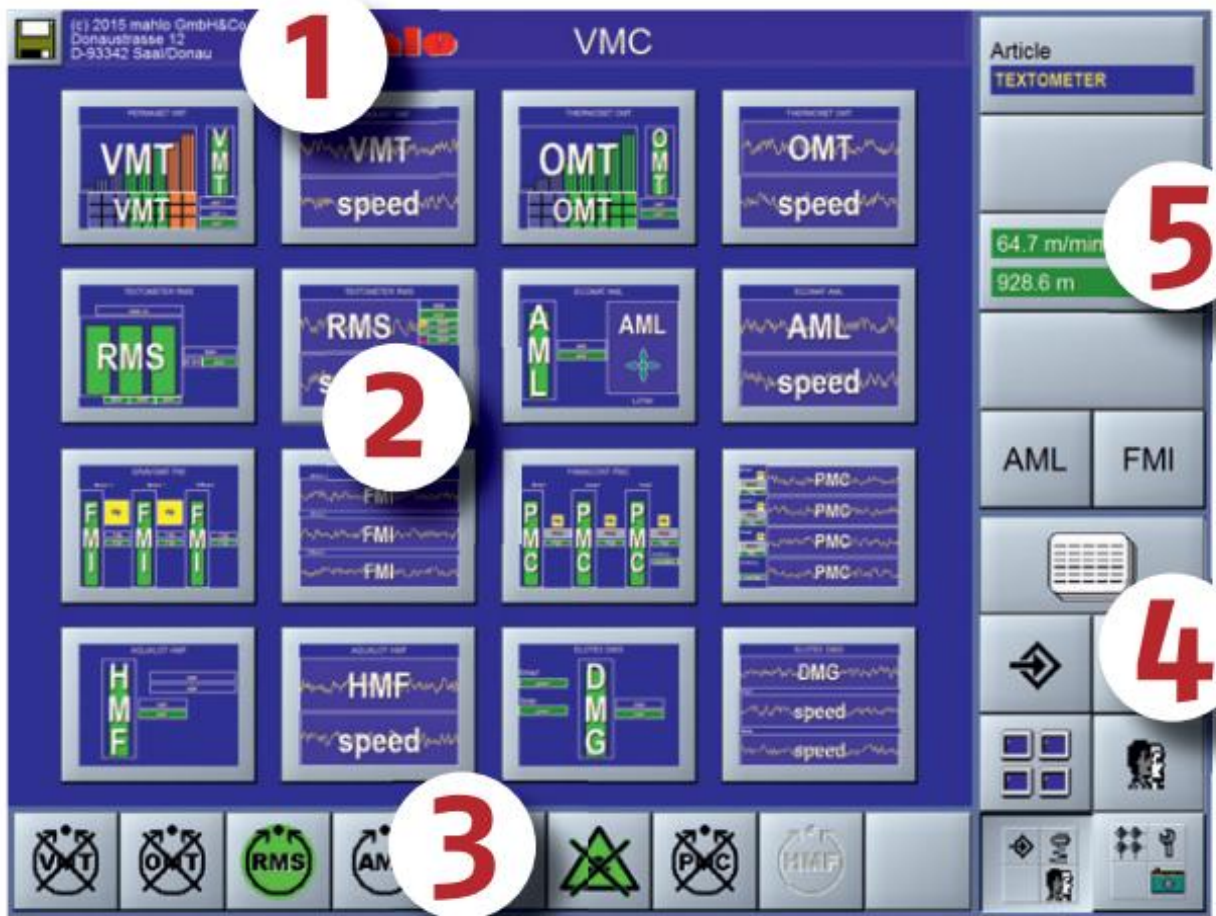


Рисунок 5.3 - Скріншот інтерфейсу головного вікна.

Користувацький інтерфейс складається з наступних полів:

- 1) Лінія заголовка – на даній лінії виводиться основна інформація включно з сигналами тривоги.
- 2) Поле виводу параметрів – виводяться основні контрольовані параметри.
- 3) Горизонтальний блок – операційні кнопки для базових функцій та підменю.
- 4) підменю.
- 5) Блок вибору – навігація по операційному програмному

забезпеченні.

- б) Вертикальний блок – операційні кнопки для вибору меню.

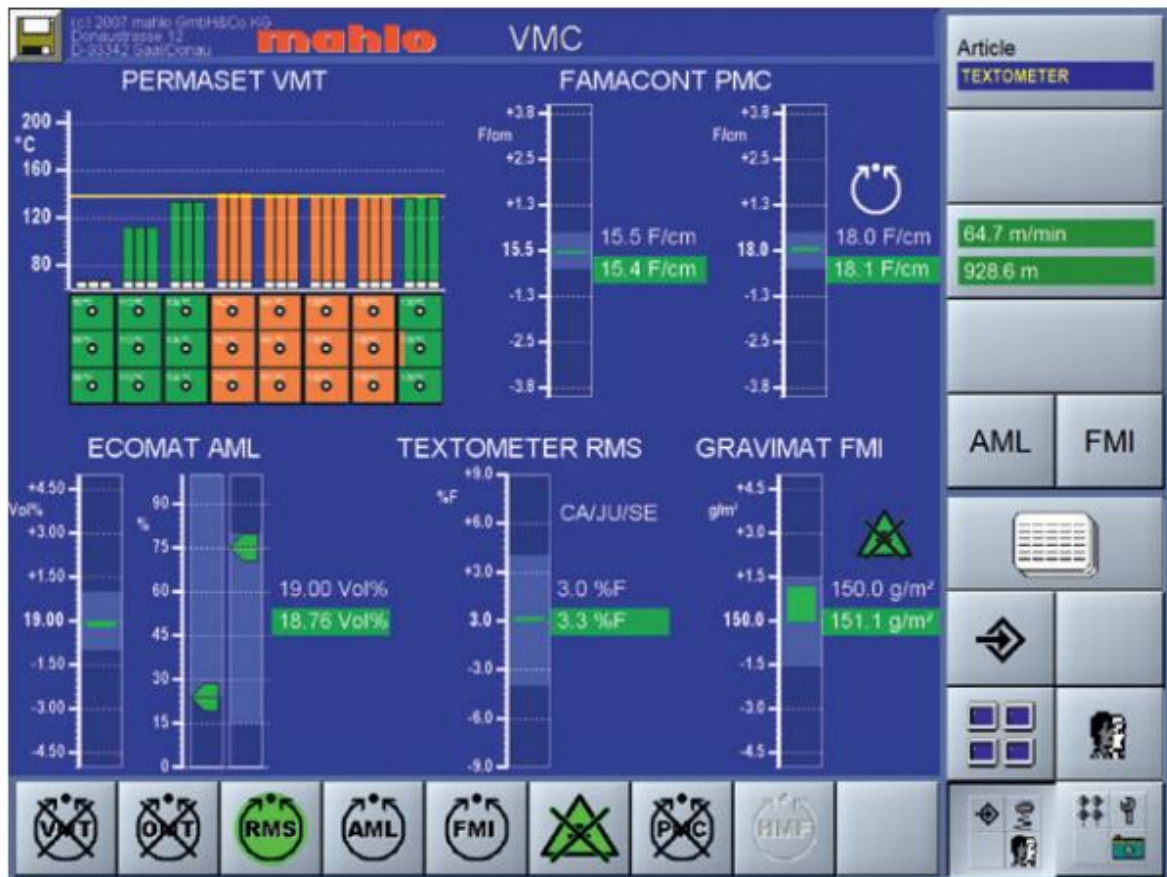


Рисунок 5.4 - Екран вимірюваних величин різних процесів.

### 5.3 Структура програмного забезпечення

Необхідною частиною будь-якої комп'ютерної інформаційної системи є її програмне забезпечення (ПЗ). ПЗ – це комплекс програм, призначених для вирішення на комп'ютері ІС визначеного класу завдань. За своїм призначенням ПЗ – невід'ємна частина будь-якої ІС, що відбиває принципову основу організації обчислювального процесу, програмного принципу обробки інформації комп'ютерною системою. Без відповідного ПЗ будь-яка,

навіть найкращим чином розроблена апаратура, була б практично такою же непотрібною, як, наприклад, магнітофон без системи звукозапису.

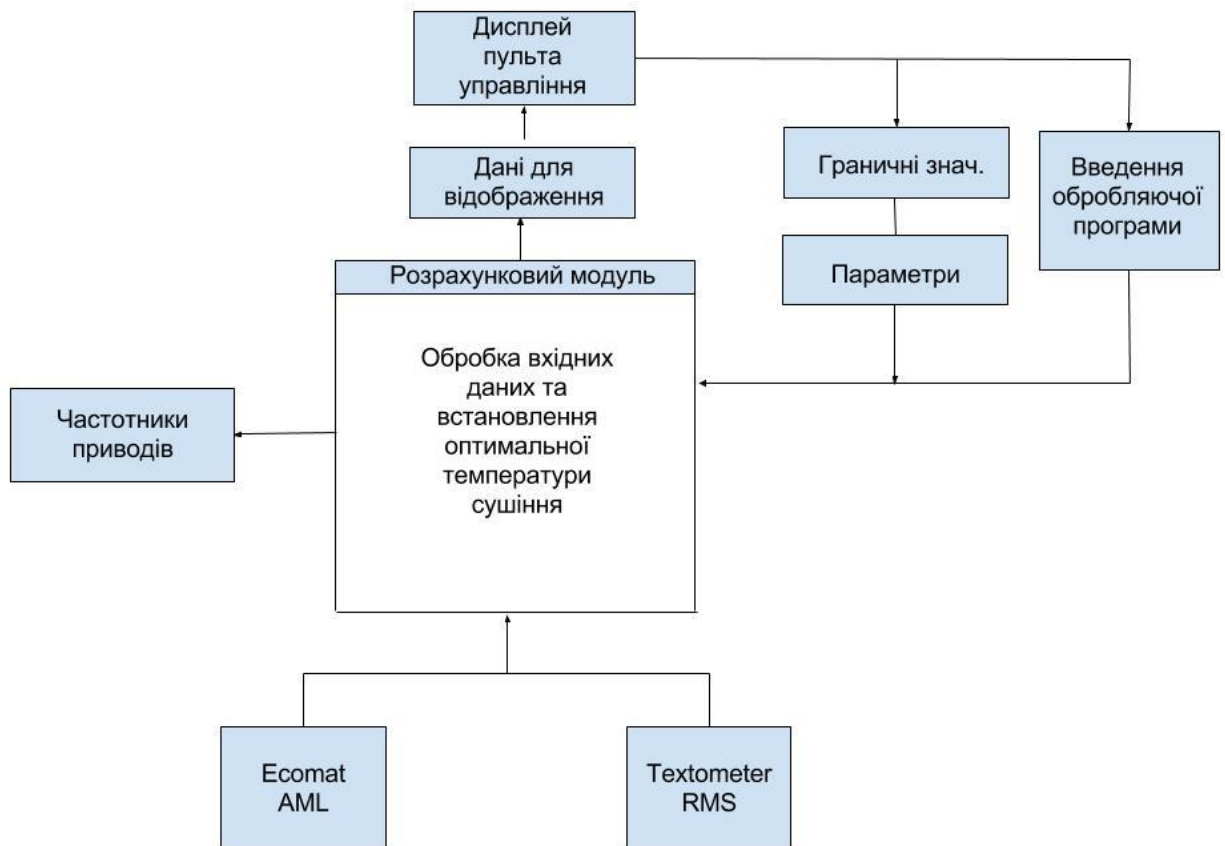


Рисунок 5.5 - Структура керуючої програми.

#### 5.4 Структура керуючої програми

Керуюча програма – обов’язковий компонент будь-якої ОС. Її функції – планування проходження безперервного потоку завдань, управління розподілом ресурсів, реалізація прийнятих методів організації даних, управління операціями вводу-виводу, організація мультипрограмної роботи, управління працездатністю системи після збоїв та інші.

Керуюча програма складається з ряду компонентів, серед яких слід виділити чотири основних:



- управління статичними ресурсами (управління завданнями);
- управління динамічними ресурсами (управління задачами);
- управління даними;
- управління поновленням.

Управління статичними ресурсами - (управління завданнями) виконує попереднє планування потоку завдань для виконання і статичний розподіл ресурсів між завданнями, що одночасно виконуються у процесі підготовки до виконання. До таких ресурсів відносяться розподіл пам'яті (основної, віртуальної, зовнішньої), доступні для використання завданням пристрої, які припускають тільки монопольне використання, набори даних та інші. Такі ресурси закріплюються за завданням або його частиною з моменту його ініціалізації до моменту завершення та використовуються у монопольному режимі [9].

Управління динамічними ресурсами - (управління задачами) виконує динамічний розподіл ресурсів системи між декількома задачами, які вирішуються одночасно, у мультипрограмному режимі. Ці функції виконують програми супервізора, які входять до ядра ОС, що постійно знаходиться у оперативній пам'яті.

Управління даними - забезпечує всі операції вводу-виводу (обміну між оперативною пам'яттю та периферійними пристроями) на фізичному та логічному рівнях. Воно містить у собі ряд служб, які забезпечують виконання таких функцій, як управління каталогом, управління розподілом пам'яті прямого доступу, обробку помилок вводу-виводу та таке інше. Вони реалізують різні структури даних та можливість доступу до них.

Управління поновленням - реєструє машинні збої та відмови, і поновлює працездатність системи після збоїв, якщо це можливо.

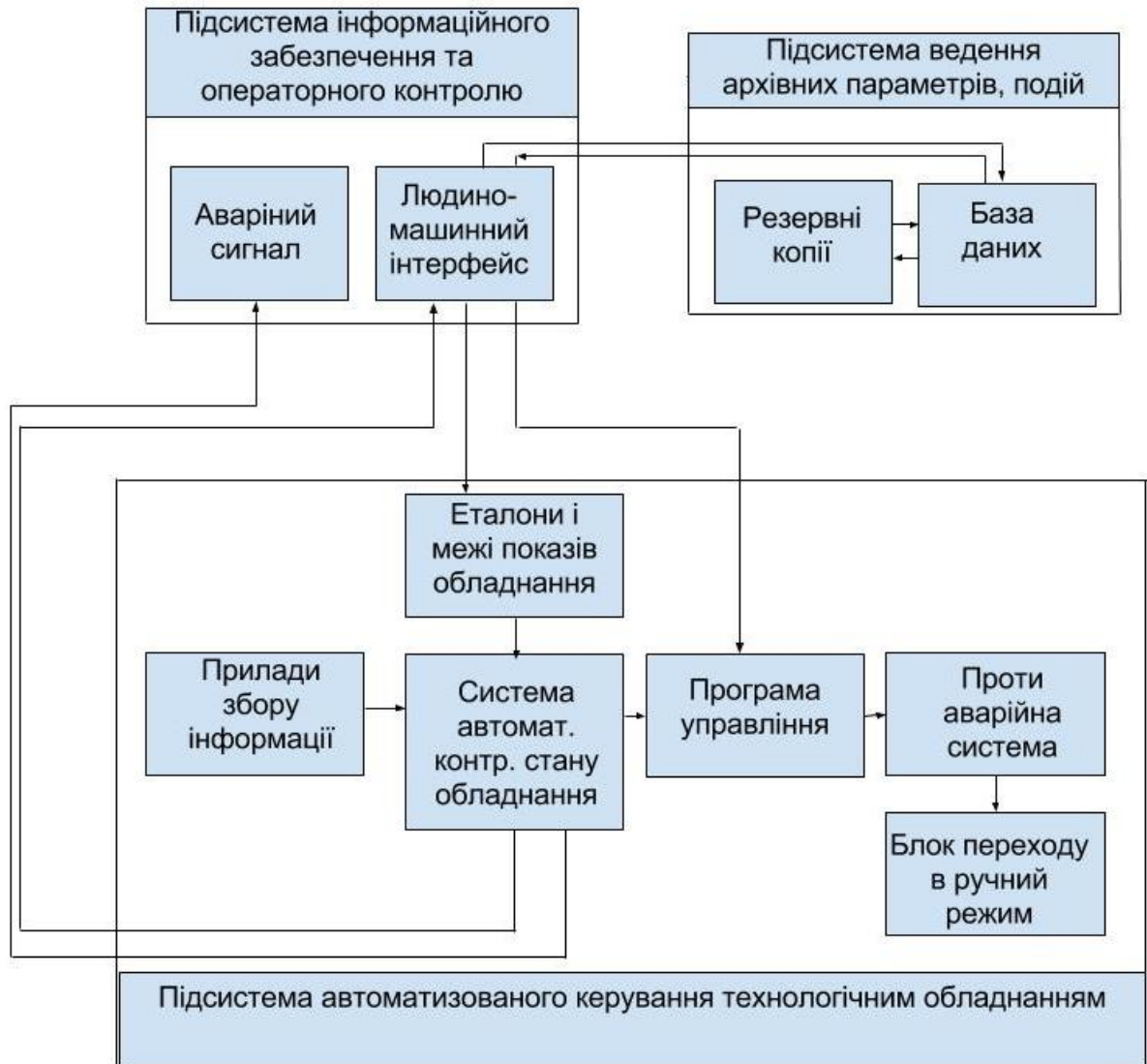


Рисунок 5.6 - Структура керуючої програми.

## 6. ОБГРУНТУВАННЯ-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 6.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи

Реалізація проекту інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів складається з низки послідовних та взаємопов'язаних етапів.

Норми часу на виконання науково-дослідницької роботи розраховуватимуться на основі середнього часу виконання стадії в годинах, що наведені в таблиці 5.1 разом із інформацією про виконавців і сумарною кількості затраченого часу.

Таблиця 6.1

Операції технологічного процесу та їх час виконання

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	Підготовча стадія	Проектний менеджер	10
		Інженер-програміст	
2	Технічна пропозиція	Проектний менеджер	10
		Інженер-програміст	
3	Створення технічного завдання	Проектний менеджер	20
		Інженер-програміст	
4	Проектування системи	Інженер-програміст	200
5	Практична реалізація	Інженер-програміст	200
6	Тестування системи	Тестувальник	20
7	Верифікація системи	Тестувальник	20
		Інженер-програміст	
		Проектний менеджер	
8	Створення документації	Інженер-програміст	50
9	Заключна стадія	Проектний менеджер	20
Разом			650

Кожен із етапів реалізації проекту характеризується метою та змістом, оцінкою часу виконання, кількістю та спеціалізацією виконавців, а також приблизною оцінкою вартості.

Реалізація інформаційної системи управління безпекою об'єкту складається із підготовчого етапу, етапу технічної пропозиції, створення технічного завдання, проектування системи, практичної реалізації, тестування, верифікації та заключного етапу.

В підсумку на реалізацію проекту інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів необхідно 650 людино-годин, залучення трьох спеціалістів та виконання дев'яти різноманітних стадій реалізації проекту.

## **6.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи**

Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи прямо залежить від кількості витраченого працівниками часу на роботу, ставки в годину чи місяць, кількість відрахувань на соціальні заходи встановлених в законному порядку на час розрахунку.

В результаті розрахунку потрібно визначити основну та додаткову заробітну плату, витрати на соціальні заходи та на основі цих даних визначити сумарні витрати на оплату праці.

Основна заробітна плата нараховується за виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час.

При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів у місяці слід в середньому приймати – 24,5 дні/міс., або ж 196 год./міс. (тривалість робочого дня – 8 год.).

Наймані працівники для розробки інформаційної системи управління доступом з використанням інформаційних технологій розпізнавання образів працюють згідно контракту, який в якому вказано їхню погодинну ставку. Тобто розрахунок заробітної плати працівників відбуватиметься на базі тарифної ставки та кількості відпрацьованих годин.

У штаті найманих працівників для розробки інформаційної системи залучено проектного менеджера, інженера-програміста і тестувальника.

Тарифні ставки учасників процесу розробки інформаційної системи:

Проектний менеджер – 150 грн./год.

- Інженер-програміст – 130 грн./год.

- Тестувальник – 100 грн./год.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 5.1:

$$Z_{\text{осн.}} = T_c * K_r, \quad (6.1)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;  $K_r$  – кількість відпрацьованих годин.

Оскільки всі види робіт в виконує три спеціаліста, то основна заробітна плата буде розраховуватись за даною формулою 6.1;

$$Z_{\text{осн.}} = 150 * 80 + 130 * 530 + 100 * 40 = 84900 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 %% від суми основної заробітної плати й визначається за формулою 6.2.

Коефіцієнт додаткових виплат працівникам становить 0,1.

$$З_{\text{дод.}} = З_{\text{осн.}} * К_{\text{допл.}} \quad (6.2)$$

де  $K_{\text{допл}}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам

$$З_{\text{дод.}} = 84900 * 0,1 = 8490 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці (фонд заробітної плати) визначаються за формулою 6.3:

$$В_{\text{о.п.}} = З_{\text{осн.}} + З_{\text{дод.}} \quad (6.3)$$

$$В_{\text{о.п.}} = 84900 + 8490 = 93390 \text{ грн.}$$

З цієї суми утримуються обов'язкові відрахування на заробітну плату:

- Єдиний соціальний внесок (ЄСВ), що становить 22%%;
- Військовий збір (ВЗ), що становить 1,5%%;

Сума відрахувань становить 23,5%% від фонду оплати праці та визначається за формулою 5.4:

$$В_{\text{с.з.}} = \Phi_{\text{оп}} * 0,235 \quad (6.4)$$

де  $\Phi_{\text{оп}}$  – фонд оплати праці, грн.

$$В_{\text{с.з.}} = 93390 * 0,235 = 21946,25 \text{ грн.}$$

Усі витрати обчислюються детально наведені в таблиці 6.2 та обчислюються за формулою 6.5:

$$B_{\text{зн}} = \Phi\text{ЗП} + \Phi\text{ОП} \quad (6.5)$$

$$B_{\text{зн}} = 93390 + 21946,25 = 115336,65 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Розрахунки витрат на оплату праці

№з/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на плату праці, грн. (6=3+4+5)
		Тарифна ставка, грн.	Кількість відпрацьованих год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1.	Проектний менеджер	150	80	12000	525	-	-
2.	Інженер-програміст	130	530	68900	2600	-	-
3.	Тестувальник	100	40	4000	300	-	-
Разом		380	650	84900	8490	21946,25	115336,25

Опираючись на розрахунки витрат на оплату та зведену таблицю результатів 6.2 видно, що всього витрати на плату праці становлять 115336,25 грн.

### 6.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати є невід'ємною частиною розробки інформаційної та визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни за формулою 6.6:

$$M_{ei} = q_i \cdot p_i, \quad (6.6)$$

де:  $q_i$  – кількість витраченого матеріалу  $i$ -го виду;  $p_i$  – ціна матеріалу  $i$ -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити за формулою 6.7:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{ei}. \quad (6.7)$$

Результати проведених розрахунків наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків матеріальних витрат.

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Фактично витрачено матеріалів	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума витрат, грн.
1	CD диски	шт.	2	7,45	14,90
2	Папір для друку	листів	500	0,15	75,00
3	Чорнила для принтера	шт.	1	80,00	80,00
Всього					169,90

Згідно проведених розрахунків, матеріальні витрати становлять 169,90 грн.

#### 6.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Однією із статей витрат є витрати на електроенергію під час проходження усіх етапів реалізації кінцевого продукту.

Затрати на електроенергію одиниці обладнання визначаються за формулою 6.8:



$$Z_e = W * T * S, \quad (5.8)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;  $T$  – кількість годин на реалізацію розробки;  $S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість кіловат-години електроенергії слід приймати згідно існуючих на даний час тарифів. Отже, 1 кВт з ПДВ коштує 2,42 грн.

Потужність комп'ютерів для реалізації кінцевого продукту – 400 Вт, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 6.1 – 650 годин.

Визначимо витрати на електроенергію згідно формули 6.11:

$$Z_e = 0,4 * 650 * 2,42 = 629,20 \text{ грн.}$$

Згідно формули затрати на електроенергію становлять 629,20 грн.

### **6.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань**

Для будь якої діяльності характерною є властивість зношування на зниження якості властивостей інструментарію та фондів за допомогою яких ведеться діяльність.

Для вирішення проблеми із відновленням даних фондів використовується амортизація, що являє собою процес трансформації вартості основних фондів на вартість продукції, яка щойно була створена, задля повного відновлення основних фондів.

Для визначення амортизаційних відрахувань використовується формула 6.9:

$$A = (B_B * H_A) / 100\% \quad (5.9)$$

де,  $B_B$  – балансова вартість обладнання, грн;

$H_A$  – норма амортизаційних відрахувань в рік, %%;

– річний робочий фонд часу, год;

– фактичний час роботи обладнання по написанню програми, год.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 %% (квартальна – 15 %%).

Річний робочий фонд становитиме 2352 годин, так як робочий день становить 8 годин, а кількість робочих днів в місяці становить 24,5 годин.

Для даної розробки засобом розробки є комп'ютер. Його сума становить 18500 грн. Отже, амортизаційні відрахування будуть рівні:

$$A = 18500 \cdot 5\% / 100\% = 925 \text{ грн.}$$

Згідно проведених обчислень амортизаційні відрахування становлять 925 грн.

## 6.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління спілкою та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 %% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_g = B_{o.n} * 0,2 \dots 0,6 , \quad (5.10)$$

де  $H_g$  – накладні витрати.

Отже, накладні витрати становлять згідно формули 6.10:

$$H_e = 93390 * 0,2 = 18678 \text{ грн.}$$

Накладні витрати згідно розрахунку формули, становить 18678 грн.

### 6.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи

Результати проведених вище розрахунків наведено у таблиці 6.4.

Таблиця 5.4

#### Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В %% до загальної суми
Витрати на оплату праці	93390	0,69
Відрахування на соціальні заходи	21946,25	0,15
Матеріальні витрати	169,9	0,01
Витрати на електроенергію	256,52	0,01
Амортизаційні відрахування	925	0,01
Накладні витрати	18678	0,13
Собівартість	135365,7	100

Собівартість ( $C_e$ ) програмного продукту розраховуємо за формулою:

$$C_e = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + A + H_e . \quad (6.11)$$

Отже, собівартість розробки системи дорівнює:

$$C_e = 135365,70 \text{ грн.}$$

Загальний кошторис витрат та визначення собівартості науково-дослідницької роботи становить 135365,70 грн.

## 6.8 Розрахунок ціни розробки системи

Ціну науково-дослідної роботи можна визначити за формулою:

$$Ц = (C_B * (1 + P_{рен}) + K * B_{н.і.}) / K * (1 + ПДВ) \quad (6.12)$$

де  $P_{рен.}$  – рівень рентабельності, 30 %%;  $K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);  $B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);  $ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %%).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B * (1 + P_{рен}) * (1 + ПДВ) \quad (6.13)$$

Звідси ціна на роботу складе:

$$Ц = 135365,70 * (1 + 0,3) * (1 + 0,2) = 211170,49 \text{ грн.}$$

Загальний розрахунок ціни програмного продукту становить 211170,49 грн.

## 6.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \Pi / C_B \quad (6.14)$$

де  $\Pi$  – прибуток;  $C_B$  – собівартість.

Плановий прибуток ( $\Pi_{пл}$ ) знаходимо за формулою:

$$\Pi_{пл} = Ц - C_{\epsilon} . \quad (6.15)$$

Розраховуємо плановий прибуток:

$$\Pi_{пл} = 211170,49 - 135365,70 = 75804,79 \text{ грн.}$$

Отже, формула для визначення економічної ефективності набуде вигляду:

$$E_p = \Pi / C_B \quad (6.16)$$

Тоді,

$$E_p = 75804,79 / 135365,70 = 0,56.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = 1/E_p \quad (6.17)$$

Термін окупності дорівнює:

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Згідно формул плановий прибуток від розробки становить 75804,79 грн., економічна ефективність дорівнює 0,56, а термін окупності становить 1,79 року що вважається доцільним та економічно вигідним.

## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління**

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог ГОСТ 12. 0.004 - 79, який встановлює порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними



параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

## 7.2 Електробезпека

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину посторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення.

Згідно ПУЕ 1.7.65 допустимий опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки, тощо). Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках

під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві (перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Важливо відмітити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, коврики, ізолюючі підставки, тощо.

У приміщеннях, де знаходяться вимірювальні прилади, необхідно забезпечити виконання заходів по боротьбі з статичною електрикою (тобто прилади повинні бути заземлені). Найпростішим засобом є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50 - 60 % за допомогою побутового електрозволожувача.

Підлогу слід виконувати відповідно до ГОСТ 12.4.124-83, використовуючи антистатичне покриття на проходах і біля робочих місць.

Робітникам рекомендовано носити одягу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон. Для зняття електростатичних зарядів з одягу слід використовувати антистатики побутового призначення.

Оскільки корпуси приладів виконані з металу, то для усунення небезпеки ураження людини електричним струмом (можливий пробій на корпус приладу) використовується захисне заземлення.

### 7.3 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{из}} \leq \frac{U}{I_f} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту:  $\rho = k_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$ ,

де  $k_n$  - коефіцієнт підсилення;

$\rho_n$  — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де  $t$  - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

$l, d$  - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевий полоси, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_{II} = (\rho / 2\pi) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] r_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.};$$

$r_B$  - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

$\eta_B$ - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури визначаємо  $\eta_B = 0,66$  і  $\eta_r = 0,39$ .

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0,66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_r + R_{II} \eta_B n) = 3,9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова  $R \leq [r_B]$ .

### Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де  $R_{33}$  – опір захисного заземлення;

$R_c$  – опір стержневих заземлювачів;

$R_{II}$  - опір поперечних заземлювачів.

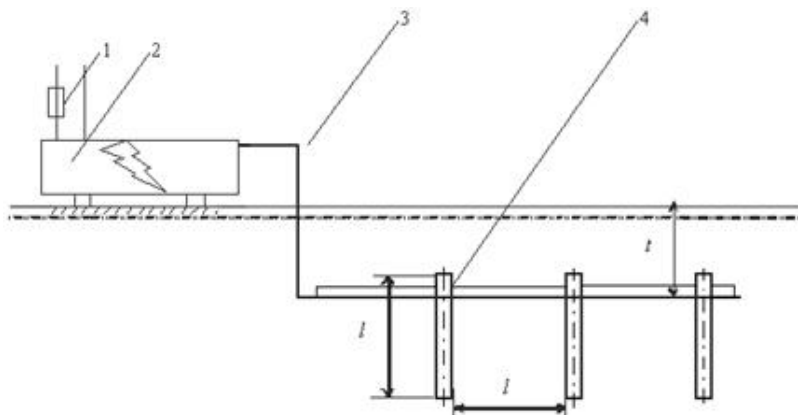


Рисунок 7.1 - Пристрій заземлення

4 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_r}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h'+l}{4h'-l} \right)$$

де  $h$  – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

$l$  – довжина стержневого заземлювача 3 м;

$d$  – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{on} = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де  $l$  – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

$b$  – ширина полоси заземлювача 30 мм;

$\rho_r$  – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{on} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_d}$$

де  $R_d$  – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

$R_0$  – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають  $n$ , при якому  $\eta = 1$ :

<b>n</b>	<b>R<sub>n</sub></b>	<b>R<sub>c</sub></b>	<b>R<sub>o</sub></b>	<b>η</b>
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною

26.

## **8 ЕКОЛОГІЯ**

### **8.1 Екологізація виробництва**

Екологізація виробництва передбачає наявність взаємозв'язку і взаємозумовленості будь-яких дій з урахуванням екологічних вимог до розвитку НТП. У зв'язку з цим управління господарством країни і його функціонування повинні здійснюватися на основі раціонального природокористування та застосування нової технології, прогресивної організації маловідходних і безвідходних виробництв.

Екологізація виробництва — це розширене відтворення природних ресурсів шляхом вдосконалення технології, організації матеріального виробництва, підвищення ефективності праці в екологічній сфері.

#### **Шляхи впровадження екологізації**

Екологізація народного господарства, підприємств промисловості та АПК припускає інтенсивний розвиток НТП і переклад його на еколого-економічні, економіко-організаційні та еколого-технічні відносини.

Перший напрямок екологізації народного господарства можна здійснювати повсюдно в широких масштабах на діючих основних фондах народного господарства за допомогою екологізації всієї виробничо-господарської діяльності, не перериваючи її. При цьому в основному вирішуються завдання, які не потребують докорінної перебудови основних фондів, але дозволяють досягти суттєвих результатів щодо зниження забруднення навколишнього середовища та ресурсозбереження.

Другий напрямок екологізації господарства здійснюється при відтворенні основних його фондів.



## 8.2 Зниження енергоємності та енергозбереження.

Енергозбереження стосується зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг. Енергозбереження відрізняється від енергоефективності, яке стосується використання меншої кількості енергії в тій самій послугі. Наприклад, менше користуватись авто – енергозбереження, а пересісти на авто з меншою витратою палива – енергоефективність. Але і енергозбереження, і енергоефективність є техніками зменшення використання енергії.

### Оптимізація освітлення

- максимальне використання денного світла (збільшення кількості, площі та прозорості вікон);
- оптимальне розміщення джерел штучного світла (місцеве, направлене освітлення);
- використання освітлювальних приладів лише за необхідністю;
- підвищення світловіддачі наявних джерел світла (заміна люстр, відбивачів тощо);
- використання приладів управління освітленістю (датчики руху, акустичні датчики, датчики освітленості, таймери, дистанційне керування, дімери);
- запровадження автоматичної системи диспетчерського управління зовнішнім освітленням (АСДУ НО);
- установка інтелектуальних розподілених систем управління освітленням.

### Електропривід

- оптимальний підбір потужності електродвигуна;
- використання частотно-регульованого приводу.

Заходи по зниженню втрат тепла та підвищенню ефективності систем теплопостачання:

*джерело теплопостачання*

- зменшення витрат енергії та тепла на власні потреби;
- використання сучасного обладнання з вищим ККД теплогенерації, напр. конденсаційні котли;
- використання вузлів обліку теплової енергії;
- використання ко- і три- генерації.

*теплові мережі*

- ізоляція мереж для зниження втрат тепла у довкілля;
- скорочення шляху теплоносія від виробника до споживача теплової енергії (напр., міні-котельня у будинку)
- оптимізація гідравлічних режимів тепломереж;
- зменшення протікань.

*споживачі*

- належна ізоляція опалюваних приміщень;
- використання систем місцевого регулювання опалювальних приладів;
- переведення будинків в режим нульового споживання тепла для опалення (температура всередині підтримується за рахунок внутрішнього тепловиділення та гарної ізоляції);
- використання вузлів обліку теплової енергії.

*Економія води*

- встановлення приладів обліку використання води;
- використання води лише коли дійсно необхідно;
- встановлення установка зливних бачків, які мають функцію вибору інтенсивності зливу;
- встановлення автоматичних регуляторів витрат води, аераторів, сенсорних датчиків

### **8.3 Джерела електромагнітних полів, іонізуючого випромінювання та методи їх знешкодження.**

Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає. Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін. По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм. Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Ще на стадії проектування повинне бути забезпечене таке взаємне розташування опромінюючих та опромінюваних об'єктів, яке б зводило б до мінімуму інтенсивність опромінення. Потрібно зменшити імовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю ЕМП, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання мусить бути мінімально потрібною.

Важливе значення мають інженерно-технічні методи захисту: колективний, локальний та індивідуальний. Колективний захист спирається на розрахунок поширення радіохвиль в умовах конкретного рельєфу місцевості. Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани –

складки місцевості, лісонасадження, нежитлові будівлі. Встановивши антену нагорі, можна зменшити інтенсивність поля, яке опромінює населений пункт, у багато разів.

При захисті від випромінювання екрана повинне враховуватись затухання хвилі при проходженні через екран (наприклад, через лісову смугу). Для екранування можна використовувати рослинність. Спеціальні екрани у вигляді відбивальних щитів дороги і використовуються дуже рідко.

Закритими називаються будь-які джерела іонізуючого випромінювання, будова яких виключає проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище при передбачених умовах їхньої експлуатації і зносу.

Основними принципами забезпечення радіаційної безпеки при роботі із закритими джерелами іонізуючого випромінювання є:

- зменшення потужності джерел до мінімальних значень ("захист кількістю");
- скорочення часу роботи з джерелом ("захист часом");
- збільшення відстані від джерел до людей ("захист відстанню");
- екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання ("захист екраном").

Відкритими називаються такі джерела іонізуючого випромінювання, при використанні яких можливе потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

В процесі виконання магістерської роботи було проаналізовано основні аспекти реалізації процесу сушіння крохмалю. Було визначено основні параметри, які впливають на якість продукції.

Зокрема встановлено, що головними характеристиками оптимізації є забезпечення оптимальних умов роботи електроприводів транспортерів, шнеків. Їхні погані теплові режими роботи можуть значно сповільнити процес виробництва та привести до значних матеріальних втрат.

З цією метою було побудовано автоматизовану систему керування на базі програмованого логічного контролера, яка забезпечує регулювання температури сушіння крохмалю та контролює роботу усіх електроприводів системи.

Також у роботі було вивчено режими навантаження асинхронного приводу при його роботі в системі подачі та визначено параметри його оптимальної роботи.

Впровадження результатів роботи дозволить збільшити ефективність використання обладнання, зменшити навантаження на нього та економити енергоресурси.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. - Львов: Выща школа, 1989. - 175 с.
6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. М.: Машиностроение, 1990. - 304 с.
7. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. -М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.
8. Григорьев А.М., Преображенский П.А. Теория, расчет и эксплуатация односпирального гибкого шнека. - К.: Знание, КДНТП, 1967. - 154 с.
9. Комплектные тиристорные электроприводы. Справочник / Под ред. В.М. Перельмутера. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 318 с.
10. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И.

Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. Изд.третье. - М.: Энергоиздат, 1982. - 340с.

11. Ишматов З.Ш., Казаков Е.Г., Кириллов А.В. Методы синтеза микропроцессорных систем автоматического управления электроприводами. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. - 48 с.

12. Вайсон А. А. Подъемно-транспортные машины. - М.: Машиностроение, 1989. - 535 с.

13. <http://www.kip57.ru/upload/material/projects/krahmal.pdf>

14. [www.owen.ru](http://www.owen.ru)