

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
за першим бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації
переробного цеху ФГ «Джмелик» Роменського району
Сумської області з розробкою автоматизованої системи
керування лінією виготовлення соку»

Виконав

(підпис)

Чернобук П. О.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2201 с.т.

Керівник:

(підпис)

Савойський О. Ю.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чернобуку Павлу Олексійовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема (бакалаврського) проекту: «Реконструкція системи електрифікації переробного цеху ФГ «Джмелик» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування лінією виготовлення соку»

керівник проекту: *Савойський Олександр Юрійович, старший викладач*
затверджено наказом по університету від «08» лютого 2024 р. № 407/ОС.

2. Термін подання здобувачем закінченого проекту «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Вступ.

1. Аналіз виробничої діяльності підприємства

2. Технологія та механізація виробничих процесів

3. Визначення та вибір електросилового обладнання на основі розрахунків

4. Проектування автоматизації технологічних процесів

5. Проектування силової електропроводки цеху

6. Проектування електричного освітлення

7. Охорона праці.

8. Екологія

9. Техніко-економічні розрахунки проекту

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

1. Цех виробництва яблучних соків. Електрообладнання технологічне та силове. Схема електрична розташування.

2. Цех виробництва яблучних соків. Розрахунково-монтажна таблиця силової електричної мережі. Схема електрична принципова.

3. Лінія виробництва яблучних соків. Схема електрична функціональна.

4. Лінія виробництва яблучних соків. Система автоматизованого керування. Схема електрична принципова.

5. Цех виробництва яблучних соків. установка освітлювальна. Схема електрична розташування.

6. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проекту (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці		
Економічне обґрунтування		
Нормоконтроль		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листа 5 та 6 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Чернобук П. О.)

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Савойський О. Ю.)

(прізвище, ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	К-ть листів	Номер листа	Примітки
1	A4	КП.06.3.017.ПЗ	Реконструкція системи	71	3	
2			Електрифікації переробного цеху			
3			ФГ «ДЖМЕЛИК» Роменського			
4			району Сумської області з			
5			розробкою автоматизованої			
6			системи керування лінією виготовлення соку.			
7			Кваліфікаційний проект.			
8			Пояснювальна записка.			
9	A1	КП.06.3.017.E7	Цех виробництва яблучних соків.	1	1	
10			Електрообладнання технологічне			
11			та силове.			
12			Схема електрична розташування.			
13	A1	КП.06.3.017.E3	Цех виробництва яблучних соків.	1	2	
14			Розрахунково – монтажна таблиця			
15			силової електричної мережі.			
16			Схема електрична принципова.			
17	A1	КП.06.3.017.E2	Лінія виробництва яблучних соків.	1	3	
18			Схема електрична функціональна.			
19	A1	КП.06.3.017.E3	Лінія виробництва яблучних соків.	1	4	
20			Система автоматизованого			
21			керування.			
22			Схема електрична принципова.			
23	A1	КП.06.3.017.E7	Цех виробництва яблучних соків.	1	5	
24			Установка освітлювальна.			
25			Схема електрична розташування.			
26	A1	КП.06.3.017.ТБ	Показники техніко-економічні.	1	6	
27			Таблиця.			
28						
29						
30						

		КП.06.3.017.ТП						
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Чернобук				Відомість проекту	Літ	Лист	Листів
Перевірив	Савойський					i	3	71
Н.контр.	Рибенко					СНАУ, гр. ЕТЕС 2201ст.		
Затверд.	Чепіжний							

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації переробного цеху ФГ «ДЖМЕЛИК» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування лінією виготовлення соку. Дипломний проект / Чернобук Павло Олексійович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 71с.

В кваліфікаційному проекті запропоновано варіант реконструкції системи електрифікації цеху з переробки яблук ФГ «ДЖМЕЛИК» Роменського району Сумської області.

Проведено аналіз існуючої технології виробництва яблучного сок у виробничому цеху. Складено паспортні дані технологічного обладнання, яке використовується в цеху з виробництва соку. Зроблено перевірочні розрахунки електродвигунів технологічних агрегатів, обрано його тип та потужність. Складено електричну схему розташування силового електрообладнання цеху.

Основну увагу в роботі було приділено розробці автоматизованої системи керування системою виробництва соку. Складено функціональну та принципову схеми керування. Проведено розрахунки освітлювальної установки цеху. Розроблено схему електричну розташування системи освітлення цеху.

Також були розглянуті питання охорони праці при виконанні технологічних операцій в цеху. Проведено економічне обґрунтування запропонованої автоматизованої системи керування.

Ключові слова: цех виробництва яблучного соку, система керування, автоматизація, електропривід обладнання.

Ілл. 7 Табл. 13 Бібл. 24

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		1

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	6
1.1. Характеристика та особливості об'єкта.....	6
1.2. Кліматичні особливості району.	6
1.3. Господарська діяльність підприємства.....	7
1.4 Дослідження електрифікації об'єкта.	9
1.5 Висновки та пропозиції.....	10
2.ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	12
2.1 Опис прийнятих технологічних процесів	12
2.2 Характеристика виробничих приміщень з розташуванням електроустановок.....	15
2.3 Складання технічних характеристик стандартного технологічного обладнання.	16
2.4 Розробка та прийняття загального рішення щодо проекту електрифікації з урахуванням технологічних вимог.	18
3. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКІВ	19
3.1. Підбір силового електрообладнання для типового технологічного обладнання.	19
3.2. Перевірка та обґрунтування розрахунку потужності електричного обладнання з урахуванням режимів роботи по прийнятій технології.	20
3.3. Складання схеми розташування силового електрообладнання.	25
4. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	26

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

4.1. Визначення технологічних вимог до системи автоматизації.....	26
4.2. Визначення параметрів контролю системи виробництва соку.	27
4.3. Розробка та опис функціональної схеми системи контролю і керування технологічним процесом.	27
4.4. Розробка та опис принципової електричної схеми керування системою переробки яблук.....	28
4.5. Складання переліку елементів для системи керування.	32
5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПОВОДКИ ЦЕХУ	34
5.1. Розробка схеми живлення силового обладнання.	34
5.2. Розробка розрахунково-монтажної таблиці електричної мережі. ..	34
5.3. Розрахунок навантажень на окремих ділянках магістральної системи.	35
5.4 Підбір кабельної продукції.....	36
5.5 Розрахунок та вибір пускозахисного обладнання.	39
5.6. Вибір силових розподільчих пристроїв.	44
6. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	45
6.1 Вибір системи і виду освітлення.	45
6.2. Вибір джерела світла та типу світильника.....	45
6.3. Вибір нормованої освітленості.	45
6.4. Розрахунок розміщення світильників.	46
6.5. Обчислення освітлення приміщення методом коефіцієнту використання світлового потоку, точковим, питомої потужності.	46
6.6 Складання світлотехнічної відомості.....	51
6.7 Визначення системи напруг. Вибір системи живлення освітлювальних установок.....	52

6.8	План приміщення з позначенням місць монтажу світильників, вимикачів та розеток.	52
6.9	Визначення місць монтажу освітлювальних щитів.	52
6.10	Визначення трас прокладання мережі освітлення цеху.	52
6.11	Визначення марки проводів та способу їх прокладання.	52
6.12	Обчислення оптимального перерізу проводу та його перевірка на нагрів.	54
6.13	Складання переліку матеріалів та обладнання для системи освітлення цеху.	57
7.	ОХОРОНА ПРАЦІ	59
8.	ЕКОЛОГІЯ.	62
9.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.	64
	ВИСНОВКИ	68
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

ВСТУП

Вітаміни відіграють значну роль у харчуванні людини. Ці речовини, різноманітні за хімічною структурою, сприяють нормальній діяльності органів, забезпечують оптимальний обмін речовин, зміцнюють імунітет, а також зберігають здоров'я і красу.

Глибокий аналіз і вивчення процесів переробки природної сировини у високоякісний продукт, що зберігає високий рівень вітамінів та корисних речовин протягом тривалого періоду, неоспоримо залишається важливим.

Важливість сокової промисловості для України:

- Значення для населення:
 - Багатство мінералів та вітамінів у овочевих соках робить їх надзвичайно цінними для харчування.
 - Фруктові соки пропонуються в неосвітленому та з м'якоттю варіантах, як з одного виду плодів, так і змішані з декількох.
 - Консервовані соки економлять час та зусилля при приготуванні їжі, роблячи меню більш різноманітним та забезпечуючи доступ до якісного харчування протягом року.
- Значення для економіки:
 - Консервовані продукти дають можливість створювати поточні, сезонні та страхові запаси.

Ця кваліфікаційна робота має на меті комплексне удосконалення процесу виробництва яблучного соку, а саме: збільшення продуктивності технологічного обладнання, зменшення витрат енергії та підвищення якості соку.

Для досягнення цієї мети буде проведено: аналіз існуючої автоматизованої системи керування лінією виробництва яблучного соку (виявлення її недоліків та вузьких місць); розробка та дослідження нових методів та технологій (їх тестування та оцінка в лабораторних та промислових умовах); впровадження кращих практик та інноваційних рішень (для оптимізації роботи лінії та підвищення її ефективності).

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Характеристика та особливості об'єкта.

Фермерське господарство «ДЖМЕЛИК» знаходиться в центральній частині Роменського району, в селі Василівка. Із містом Ромни, яке знаходиться на відстані 36 км до даного господарства, проходить автомобільна дорога із асфальтним покриттям.

Підприємство було засновано в 2014 році та почало свою діяльність в різних напрямках, таких як: [1,2]

- Виробництво яблучних соків.
- Вирощування зернових культур.
- Вирощування зерняткових та кісточкових фруктів.
- Розведення свійської птиці.
- Виробництво м'яса свійської птиці.
- Вирощування винограду.

1.2. Кліматичні особливості району.

Село Василівка, як і більша частина Роменського району, має помірний континентальний клімат. Літня температура в середньому коливається від 20°C до 30°C, іноді можуть бути дні з температурою понад 30°C. Зима може бути досить холодною в цьому регіоні. Середня температура взимку зазвичай коливається від -5°C до -10°C, але може бути і холодніше, з температурами, які опускаються нижче -15°C у найхолодніші дні.

Сума річних опадів може бути різною в залежності від конкретного року і кліматичних умов. Проте, в середньому для цього регіону характерне випадання близько 550-650 мм опадів на рік. За зоною розташування по вітру і ожеледиці – другий район.

Село Василівка, подібно до інших сільських поселень цього району, розташоване поблизу річок та водойм. Це може призводити до підвищеної вологості в цій місцевості.

Ґрунти господарства – чорнозем з опором розтікання струму $\rho_p = 400$ Ом·м.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1.3. Господарська діяльність підприємства.

ФГ «ДЖМЕЛИК» - це середнє господарство фруктово-переробного напрямку із загальною земельною площею 100 Га, з яких 50 Га займає сад, та 1000 квадратних метрів перепелиної ферми. Основні економічні показники підприємства надані в таблиці 1.1. Аналіз таблиці показує, що земельні угіддя господарства с кожним роком збільшуються, як і чисельність працівників. Також без змін залишились основні засоби сільськогосподарського призначення.

Аналіз економічних показників вказує на постійну стабільність та поступовий їх зріст. Якщо брати показники даного господарство з аналогічними акціонерними об'єднаннями або фермерськими господарствами то ми замітимо, що це успішне господарство, яке демонструє стійке зростання основних показників діяльності. Це пояснюється достатнім рівнем організації виробництва та вмінням вчасно переналаштовуватись на нові виробничі відносини, орієнтуватися в проблемах господарства та швидко їх вирішувати, введенням інновацій.

Аналіз показників виробництва соку в даному господарстві свідчить про стабільність та помірний прогрес (див.таблицю 1.1).

Таблиця 1.1. Ключові фінансові показники ФГ «ДЖМЕЛИК»

Показники	Роки		
	2021	2022	2023
1. Всього земель, га	90	95	100
2. Середня річна чисельність робітників, чол.	15	20	23
3. Фонд заробітної плати, тис. грн.	50,3	52,5	52,5
4. Витрата електроенергії на виробничі потреби, тис. кВт. год.	230	290	333
5. Площа яблуневого саду, Га	35	50	50
6. Виготовлення соку, Т	10	7,4	7,5

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Обсяг валової продукції, виробленої одним працівником, зайнятим у сільському господарстві, у гривнях.	3300	4010	4200
8. Рівень рентабельності	-4,2	-2,6	-1,2

Виготовлення соку в 2024 році збільшились на 44%, зросла собівартість соку на 15,3%, а витрати праці на 1т соку значно не змінилися. Це пов'язано з тим, що обслуговування технологічного та електрообладнання не змінилось, а також більша частина механізованих процесів замінилась автоматизовану.

Для покращення умов праці та збільшення продуктивності виробництва намічено план технічного оновлення та вдосконалення виробничих ділянок та виробничих процесів на підприємстві, а також розширення цеху для переробки яблук.

Таблиця 1.2. Основні перспективні економічні показники по виробництву соку

Показники	Роки		
	2021	2022	2023
1. Річне виробництво соку, л	1183	1374	1400
2. Собівартість 1т. соку, тис.,грн.	13,2	16,1	18,8
3. Обслуговуючий персонал, чол.	24	22	2
			2
4. Витрати праці на 1т. соку, чол. ч	6630	5424	5424

1.4 Дослідження електрифікації об'єкта.

Електропостачання розподільної трансформаторної підстанції 10/0.4 кВ потужністю 40 кВа , господарства здійснюється повітряною лінією 10 кВ від РТП-35/10 кВ «Андріяшівська». Потужності трансформатора іноді може не вистачати для потреб цеху, адже збудовано нові камери зберігання яблук та готової продукції, а також модернізовано вже існуючі основні та допоміжні об'єкти.

Лінія електропередач типу СПП, з перерізом проводів 70 мм², знаходиться у задовільному стані та проходить плановий огляд, але потребує встановлення заземлень, заміну деяких опор та встановлення ізоляторів більш нового типу.

Для електроприводів агрегатів використовуються двигуни серії АИР6, які вже застарілі та потребують заміни. Силова мережа прокладена проводами марки ПВ-3, частково кабелями. Також на деяких процесах та окремих вузлах встановлені вже застарілі моделі автоматичних вимикачів типу АЕ-100, АП-50 та А3124 , які потребують заміни через малий набір функцій (відсутність селективного реагування на короткі замикання, захисту від перевантаженні та захисту від струмів витоку) та зношеність. До застарілого також можна віднести електромагнітні пускачі серії ПМЛ-33, ПМЛ-45 та ПМЕ-40. Вони регулярно проходять ТО, але для сьогодення їх конструкція не відповідає вимогам надійності, безпеки на енергоефективності.

Експлуатація мереж у цеху без капітального ремонту може призвести до аварійних ситуацій, це через те, що їх стан зношений та застарілий. Силові розподільчі щити та шафи керування іржавіють через несвоєчасне обслуговування та хімічно активне середовище. Заземлення на деяких об'єктах не відповідає нормам, не забезпечуючи безпеку людей.

Після проведення аналізу стану електрообладнання господарства можна замітити, що збільшились виходи з ладу щитів керування та теплового реле захисту на 20%. Через неповнофазні режими роботи ПЛ-0,4 кВ та зношення великої кількості електрообладнання технологічні машини працюють нестабільно.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Електротехнічна служба агрофірми не може повноцінно виконувати свої завдання через нестачу кадрів, низьку кваліфікацію персоналу, нестачу ресурсів та застаріле обладнання. Це призвело до погіршення стану електромережі та ризику аварій.

1.5 Висновки та пропозиції.

Після проведення аналізу стану електрифікації ФГ «ДЖМЕЛИК» можна привести наступні висновки:

Своєчасним буде рішення про реконструкцію виробничих ділянок підприємства для збільшення ефективності.

Електрообладнання в наявності зношене та потребує заміни.

Необхідно оновити систему освітлення цеху, адже існуюча система застаріла та не відповідає сучасним вимогам до освітлення виробничих приміщень.

Для забезпечення безперебійної роботи електрообладнання на підприємстві з неповним штатом електротехнічної служби, потрібна нова система його експлуатації.

Окрім вищезазначених завдань, проект має включати питання безпеки персоналу, а також план дій на випадок надзвичайних ситуацій. На завершальному етапі буде проведена оцінка економічної доцільності проекту.

На основі вище наведених висновків в проекті пропонується:

- Вибрати силове електрообладнання для стандартного технологічного обладнання.
- Провести перевірочний розрахунок потужності силового електрообладнання для стандартного технологічного обладнання з урахуванням режимів роботи по прийнятій технології.
- Розробити схеми розташування силового електрообладнання.
- Обчислити розрахункові навантаження на ділянках електромережі.
- Обрати марку, спосіб прокладання та переріз проводів і кабелів.
- Обрати магнітні пускачі, автоматичні вимикачі та теплові реле для окремих керованих силових електроприймачів.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Розробити автоматизовану систему керування технологічним процесом та електричну принципову схему.
- Розробити схему освітлювальної установки.
- Розробити розрахунково-монтажну таблицю силової електричної мережі.
- Спроекувати електричне освітлення всіх приміщень.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

2.ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Опис прийнятих технологічних процесів

Яблучний сік - один із найпопулярніших фруктових соків, який буває двох основних видів: без м'якоті (пресований) та з м'якоттю (гомогенізований). Найчастіше яблучний сік випускають натуральним без м'якоті, освітленим або неосвітленим.

Для соку рекомендується використовувати яблука таких сортів: Антонівка, Ранети, Білий налив, Пармен, Макінтош, Бельфлер, Розмарин білий та інші. При підвищеній кислотності яблук до соку додають 5% цукру. Яблучний сік часто купажують з іншими фруктовими або ягідними соками.

Для отримання яблучного соку без м'якоті сировина проходить наступні технологічні стадії:

- Приймання та підготовка: яблука перевіряють на якість, сортують та очищають.
- Миття: яблука ретельно миють, щоб видалити бруд та хімічні речовини.
- Інспекція: кожне яблуко візуально оглядають на наявність дефектів.
- Дроблення: яблука подрібнюють на дрібні шматочки.
- Термічна обробка: сік нагрівають для знищення бактерій та ферментів.
- Стерилізація: сік остаточно очищають від мікроорганізмів.
- Фасування: сік розливають в тару.
- Зберігання: готовий сік зберігають в прохолодному місці.

На рис. 2.1 представлена схема виробництва яблучного соку.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

На етапі термічної обробки сік нагрівають до температури 70-95°C, щоб знищити бактерії та ферменти, для цього використовується трубчастий пастеризатор ПТ-5. Для кращого охолодження сік проходить через трубчастий охолоджувач. Це дозволяє швидше його охолодити, що призводить до коагуляції білків. В результаті сік стає більш прозорим і краще піддається фільтрації.

Для відділення м'якоті від соку використовується гвинтовий прес ВПШ-5. Завдяки технології ВПШ-5 ефективно відділяє рідку фракцію від твердої. Це дозволяє отримати максимальний вихід соку, сиропу або олії з мінімальними втратами.

На етапі стерилізації сік остаточно очищається від мікроорганізмів за допомогою установки ВПУ-3,0 для високотемпературної стерилізації в потоці, схема якого зображена на рисунку 2.2.

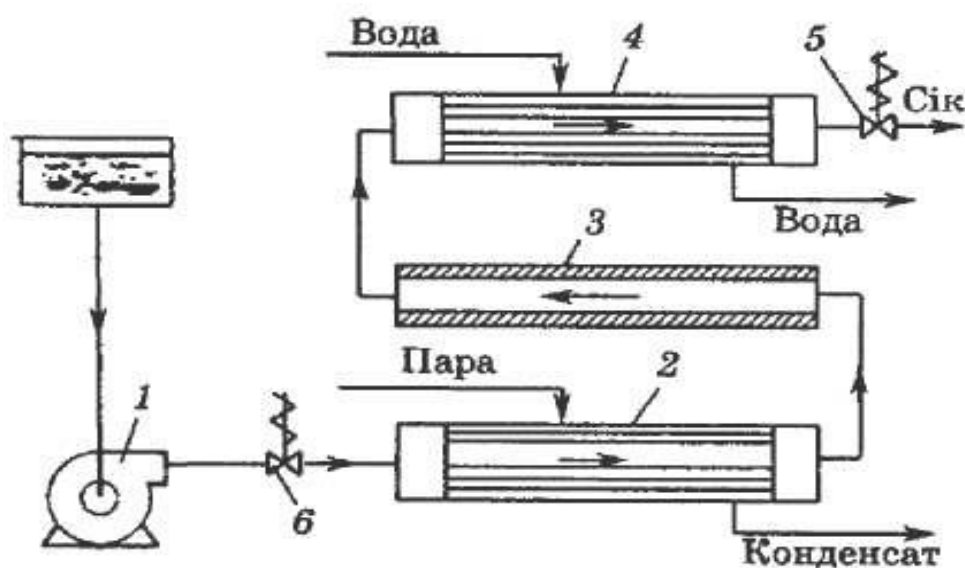


Рисунок 2.2. Схема високотемпературної машини для стерилізації:

1 – відцентровий насос; 2 – трубчастий обмінник тепла; 3 – витримувач; 4 – система охолодження; 5, 6 – вентилі.

Сік нагрівається до 120 °С, а потім проходить через витримувач 3, де затримується на 40-60 секунд (точний час залежить від роботи лінії). Далі сік охолоджується в агрегаті 4 до 98-100 °С. Процес йде далі: охолоджений сік проходить через вентиль 5 і збирається в ємності для розфасовки. Для

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виключення скипання соку в теплообміннику, в системі його циркуляції (насос 1, вентилі 5 і 6) підтримується тиск 0,40-0,45 МПа. Важливою складовою цього методу стерилізації є ретельна попередня обробка (стерилізація) тари.

Фасування соку в тетрапаки відбувається при 80 °С і в подальшому зберігають в камерах схову при температурі 0-4°С. Сік регулярно перевіряють на відповідність стандартам якості.

2.2 Характеристика виробничих приміщень з розташуванням електроустановок.

Цех складається з наступних приміщень:

- цех виробництва яблучних соків
- коридор
- майстерня
- лабораторія
- відділення готової продукції
- електрощитова

та має схему зображену на рис. 2.2. Приміщення має розміри: висоту $H = 5$ м, ширину $B = 23,3$ м, довжину $A = 26,1$ м.

Приміщення побудоване з цегли та має бетону підлогу. Стіни оброблені штукатуркою. Металева конструкція та колони пофарбовані.

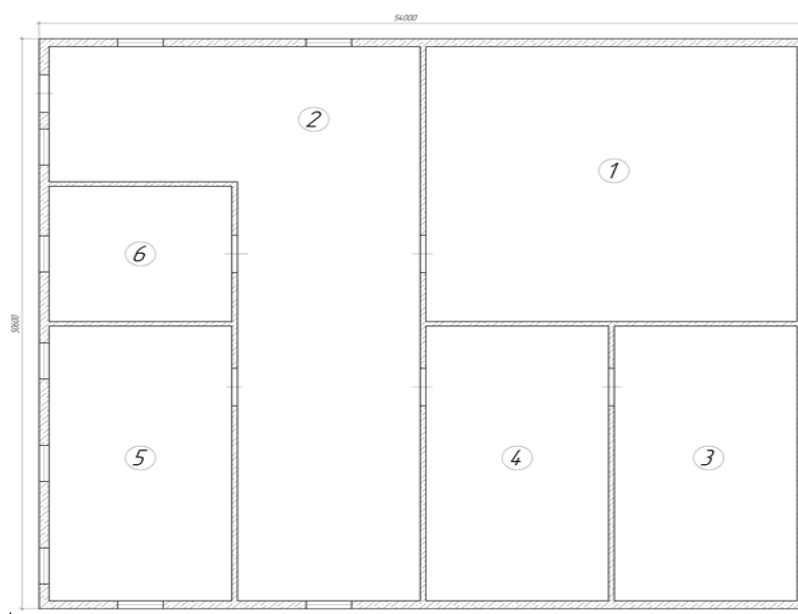


Рисунок 2.3. Схема цеху по виробництву соку

										Арк.
										15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КП.06.3.017.ПЗ

Обладнання розташоване в такому порядку щоб процес виготовлення соку відбувався з максимально можливою швидкістю та продуктивністю. Розташування обладнання показано на листі графічної частини проекту.

«Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» класифікують дане приміщення як сире з хімічно активним середовищем, що несе особливу небезпеку ураження людей електричним струмом. Інші приміщення за умовами навколишнього середовища та ступенем ризику ураження людей електричним струмом класифіковано в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Характеристика приміщень за умовами навколишнього середовища та ступенем враження електричним струмом.

№	Найменування приміщень	Характеристика приміщень	
		За умовами середовища	По ступеню поразки ел. струмом
1.	Цех виробництва яблучних соків	Сире, з хімічно активним середовищем	Особливо небезпечне
2.	Коридор	вологе	З підвищеною небезпекою
3.	Майстерня	сухе	З підвищеною небезпекою
4.	Лабораторія	сухе	З підвищеною небезпекою
5.	Відділення готової продукції	вологе	З підвищеною небезпекою
6.	Електрощитова	сухе	З підвищеною небезпекою

2.3 Складання технічних характеристик стандартного технологічного обладнання.

Таблиця 2.2 містить дані про технологічне обладнання, яке буде використовуватися в рамках прийнятої технологічної схеми.

Таблиця 2.2 – Паспортні дані технологічного та електричного обладнання.

Найменування	Технологічне обладнання				Електричне обладнання						
	Призначення	Тип	Продуктивність	Сложив. Потуж.	Тип	R _n , кВт	n _n , об/хв	η _n	cos φ	K _i	Позначення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Роликовий транспортер	Інспекція, подача яблук	A9-K2-1.5,0	5 т/год	2	AIP80B4	1,5	1500	0,78	0,83	-	-
Машина для миття	Миття Сировини, полоскання	A9-КМ-2	5,0 т/год	3.3	AIP80B4 У3	1,5	1395	0,78	0,83	-	
Вентиляторна машина для миття	Інтенсивне миття сировини	T1-КУМ-5	5,0 т/год	8,1	AIP112M B6	4,1	1000	0,76	0,82		
Подрібнювач	Відділення шлаку	P9-КТ2-Э	5,85 т/год	3,0	4AM112M B643	1,5	1395	0,78	0,83	6	
Дробарка	Подрібнення	D1-7,5	7,5 т/год	14,2	AIP112M2	7,5	3000	0,77	0,81		
Гвинтовий прес	Віджимання соку	ВПШ-5	5,0 т/год	12,2	AIP 112M4	5,5	1500	0,79	0,83		
Плунжерний насос	Перекачування соку з м'якоттю	A9-КЛГ/5	3,0 т/год	3,4	AИУ90 LA2	1,5	3000	0,81	0,88	6	M1
Пастеризаційно - охолоджувальна установка	Пастеризація та стерилізація соку з м'якоттю	ВПУ-3	3 т/год	-	-	-	-	-	-	-	-
Відцентровий насос	Циркуляція та створення тиску 0,45МПа гарячої води	G2-ОПА	3,5 т/год	8	AIP 100L4	4,0	1500	0,82	0,80	7	M2
Нагрівач	-	ET-160	400л	12	-	9	-	0,83	0,89	-	EK1

Сепаратор	Освітлення соку	Г9-КОВ	3,0 т/год	-	4AM160S 4	15	1500	0,89	0,88	6,1	М3
Відцентровий насос	Перекачування соку	A9-КНА	3,0 т/год	3,5	AIP80A2 У3	1,5	1500	0,81	0,85	7	М4

2.4 Розробка та прийняття загального рішення щодо проекту електрифікації з урахуванням технологічних вимог.

Технологія виробництва соку, що забезпечує нормовану продуктивність, пред'являє наступні вимоги до проекту електрифікації:

1. Приміщення цеху повинне бути обладнане штучним освітленням.
2. Процеси пастеризації, подачі охолодженої води та контроль параметрів потребують електрифікації.
3. Електропривід буде використовуватися для живлення всіх машин.
4. Система освітлення цеху буде мати декілька типів світильників: з люмінесцентними лампами і з лампами розжарювання
5. Окреме приміщення буде відведено для розміщення силового розподільчого щита і шафи освітлення.
6. Технологічна лінія має бути спроектована таким чином, щоб забезпечувати роботу в двох режимах: "Ручний" та "Автоматичний"
7. З метою автоматизації процесу приготування яблучного соку, електрична схема керування буде доповнена відповідними засобами автоматизації.
8. Забезпечення захисту електрообладнання є необхідною умовою для безперебійної роботи та безпечної експлуатації технологічної лінії з виробництва яблучного соку.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКІВ

3.1. Підбір силового електрообладнання для типового технологічного обладнання.

Силове електрообладнання цеху з виробництва яблучного соку складається з приводних електродвигунів, які входять до комплексу стандартного технологічного обладнання. Ці електродвигуни забезпечують роботу механізмів, що відповідають за різні етапи виробництва соку.

У виробничій галузі для приведення в рух робочих машин часто застосовуються трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Отже, вибір електродвигунів для технічного обладнання полягає у забезпеченні відповідності характеристик асинхронних електродвигунів параметрам і характеристикам приводу робочих машин, а також умовам навколишнього середовища.

Ми обираємо електродвигуни згідно з такими умовами: кліматичними умовами, категорією розміщення, ступенем захисту та відповідністю умовам навколишнього середовища.

Електродвигуни та електротехнічне обладнання повинні бути виготовлені відповідно до умов навколишнього середовища, у відповідності з встановленими нормативно-технічним документам (ДСТУ, ISO), і мати помірно кліматичне виконання (У), а також відповідати вимогам ступеня захисту та категорії розміщення. Цей ступінь захисту передбачає захист від можливого дотику персоналу до обертових частин, а також від проникнення води та твердих сторонніх тіл відповідно до стандартів IP 44 та IP 54.

Обираємо трифазні двигуни з короткозамкненим ротором, що розраховані на напругу 380 В при частоті 50 Гц, а також нагрівач води. Обрані дані заносимо до таблиці 3.1.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

Таблиця 3.1- Паспортні дані силового обладнання.

Умовне позначення	Тип	P_H , кВт	n_H , об/хв	I_H , А	η_H , %	$\cos\phi_H$, у.о.	$\frac{M_{II}}{M_H}$	$\frac{M_{MIN}}{M_H}$	$\frac{M_{MAX}}{M_H}$	K_i	Маса, кг
M1	АИУ90LA2	1,5	3000	3,2	81	0,88	1,8	1,3	2,5	6,0	43,0
M2	АIP 100L4	4,0	1500	9,26	83,1	0,84	2,1	1,6	2,3	7,0	29,2
M3	4AM160S4	15	1450	29	89,5	0,86	2,2	1,6	2,6	6,1	111
M4	АIP80A2У3	1,5	1500	3,31	81	0,85	2,1	1,6	2,1	7,0	12,7
EK1	ET-160	9	-	18,86	83	0,89	-	-	-	1	-
	Всього	31,0									

3.2. Перевірка та обґрунтування розрахунку потужності електросилового обладнання з урахуванням режимів роботи по прийнятій технології.

Для прикладу розрахунку потужності беремо привід вибраного відцентрованого насоса (електродвигун М4)

Щоб визначити розрахункову потужність $P_{розр.}$, кВт скористаємось формулою [3]:

$$P_{розр} = \frac{Q_{нас} \cdot H \cdot \gamma}{\eta \cdot 10^3} \quad P_{розр} = \frac{Q_{нас} \cdot H \cdot \gamma}{\eta \cdot 10^3}, \quad (3.1)$$

де $Q_{нас}$ - подача насоса, м³/с;

H - висота підйому;

γ - 933,23 кг/м³; питома вага;

η - ККД насоса = 0,8.

$$P_{розр} = \frac{0,694 \cdot 0,7 \cdot 967,23}{0,8 \cdot 10^3} = 0,587 \text{ кВт.}$$

Для визначення потужності двигуна привода $P_{н.об}$ кВт, використовуємо співвідношення [20]:

$$P_{н.дв} \geq \frac{K_3 \cdot P_{розр}}{\eta_{пер}}, \quad (3.2)$$

де $\eta_{пер}$ - ККД передачі, $\eta_{пер} = 1$;

K_3 - коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,69$.

$$P_{н.дв} \geq \frac{1,69 \cdot 0,587}{1} = 1 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун АИР80А2У3, паспортні дані цього двигуна занесені в табл. 3.1. [3]

Перевірка решти електродвигунів, що приводять у рух технологічне обладнання, виконується за схожим принципом, який залежить від типу машини. Детальні дані про електродвигуни представлені в таблиці 3.1.

Проведемо розрахунок електродвигуна з огляду на умови пуску, мінімального та максимального моментів.

Перевірка електродвигуна виконується з урахуванням величини пускового моменту згідно з умовою [4]:

$$M_{ПДВ} \geq 1,25 \cdot M_{ТРМ}, \quad (3.3)$$

де $M_{ПДВ}$ - пусковий момент електродвигуна, враховуючи можливе падіння напруги в електричній мережі, Н·м;

$M_{ТРМ}$ - сталий момент початку руху робочої машини, Н·м;

1,25 - коефіцієнт, що відображає ступінь додаткового моменту, необхідного для запуску робочого механізму. [3]

При цьому:

$$M_{ПДВ} = M_H \cdot \mu_{II} \cdot k_U^2, \quad (3.4)$$

де M_H - номінальний момент, Н·м;

μ_{II} - множник, на який збільшується пусковий момент електродвигуна, $\mu_{II} = 2,1$;

k_U - значення, що враховує падіння напруги мережі, $k_U = 0,9$.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_H = \frac{P_{\text{НДВ}}}{\omega_H}, \quad (3.5)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_H}{30}, \quad (3.6)$$

де ω_H - кутова швидкість обертання електродвигуна, рад/с;

n_H - номінальна частота обертання двигуна, $n_H = 1500$.

$$\omega_H = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад / с};$$

$$M_H = \frac{1,5 \cdot 10^3}{157} = 9,55 \text{ Н}_M;$$

$$M_{\text{НДВ}} = 9,55 \cdot 2,1 \cdot 0,9^2 = 16,24 \text{ Н}_M.$$

Момент, необхідний для початку руху робочої машини, становить [3]: :

$$M_{\text{ТРМ}} = (1 \dots 2) \cdot M_{\text{СН}}, \quad (3.7)$$

де $M_{\text{СН}}$ - сталий момент, який робоча машина чинить при обертанні з номінальною швидкістю, коли вона завантажена, Н·м;

$$M_{\text{СН}} = M_H; \quad (3.8)$$

$$M_{\text{СН}} = 9,55 \text{ Н}_M;$$

$$M_{\text{ТРМ}} = 1,2 \cdot 9,55 = 11,46 \text{ Н}_M;$$

За виразом (3.3) отримуємо:

$$16,24 \text{ Н}_M > 1,25 \cdot 11,46 = 14,46 \text{ Н}_M,$$

вибраний двигун відповідає вимогам пуску, а також умовам, заданих в виразі (3.3).

Щоб перевірити електродвигун за величиною мінімально моменту потрібно придержуватись заданої умови:

$$M'_{\text{MIN}} \geq M_{\text{СMIN}}, \quad (3.9)$$

де M'_{MIN} - найменший момент, який може розвивати електродвигун, з урахуванням можливого просідання напруги в електромережі, Н·м;

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M_{CMIN} - сила, що протидіє обертанню робочої машини при нерухомому валу, Н·м.

При цьому:

$$M'_{MIN} = M_H \cdot \mu_{MIN} \cdot k^2, \quad (3.10)$$

де μ_{MIN} - коефіцієнт мінімального обертового моменту електродвигуна, $\mu_{MIN} = 1,6$;

$$M'_{MIN} = 9,55 \cdot 1,6 \cdot 0,9^2 = 12,37 \text{ Нм.}$$

Момент, який потрібно прикласти, щоб привести робочу машину в рух, можна розрахувати за допомогою її механічної характеристики [3]:

$$M_{CMIN} = M_{TPM} + (M_{CH} - M_{TPM}) \cdot \left(\frac{\omega_{MIN}}{\omega_H} \right)^x, \quad (3.11)$$

де ω_{MIN} - найменша кутова швидкість, рад/с.;

x - коефіцієнт, який показує, як статичний момент опору зростає при збільшенні швидкості обертання; для насосів $x = 0$; [3]:

$$\omega_{MIN} = 0,15 \cdot \omega_1, \quad (3.12)$$

де ω_1 - чутливість статичного моменту опору до зміни швидкості обертання робочої машини, рад/с.;

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad (3.13)$$

де n_1 - частота обертання магнітного поля статора, яка синхронізована з частотою струму в мереж, $n_1 = 1500$ об/хв.;

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад / с;}$$

$$\omega_{MIN} = 0,15 \cdot 157 = 23,5 \text{ рад / с;}$$

$$M_{CMIN} = 11,46 + (9,55 - 11,46) \cdot \left(\frac{23,5}{157} \right)^0 = 9,55 \text{ Нм.}$$

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, в кінцевому результаті маємо:

$$12,37Нм > 9,55Нм,$$

можемо зробити висновок, що двигун, який ми вибрали, відповідає обом необхідним умовам: він відповідає вимогам, описаним в умові (3.9), і має достатній мінімальний момент.

Відповідність електродвигуна заданим вимогам щодо перевантажувальної здатності визначається за наступною формулою [3]:

$$M'_{MAX} \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot M_{CMAX}, \quad (3.14)$$

де M'_{MAX} - максимальний момент, який може розвивати електродвигун, з поправкою на можливе просідання напруги в мережі, Н·м;

M_{CMAX} - граничний момент, який необхідно подолати, щоб привести робочу машину в рух, Н м;

1,1...1,2 – коефіцієнт, що використовується для корекції розбіжності між фактичним та розрахунковим значенням моменту опору робочої машини.

При цьому:

$$M'_{MAX} = M_H \cdot \mu_{MAX} \cdot k^2, \quad (3.15)$$

де μ_{MAX} - показник здатності електродвигуна короткочасно розвивати момент, що значно перевищує номінальний.

$$M'_{MAX} = 9,55 \cdot 2,1 \cdot 0,9^2 = 16,24Нм.$$

Граничний момент, який необхідно подолати, щоб привести робочу машину в рух, становить:

$$M_{CMAX} = 1,3 \cdot M_{CM}, \quad (3.16)$$

$$M_{CMAX} = 1,3 \cdot 9,55 = 12,41Нм;$$

У відповідності вимоги виразу (3.14) отримуємо :

$$16,24Н \cdot м > 1,2 \cdot 12,41 = 14,89Нм,$$

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

це означає, що двигун відповідає всім необхідним вимогам, адже він не лише відповідає заданій умові (3.14), але й має достатню перевантажувальну здатність, щоб витримувати максимальний момент.

Процес перевірки інших електродвигунів приводу не відрізняється від описаного вище. Детальну інформацію про технічні характеристики електродвигунів можна знайти в таблиці 3.1.

3.3. Складання схеми розташування силового електрообладнання.

Розташування всіх елементів технологічного та електросилового обладнання для даного процесу зображено на плані приміщення, представленою на кресленні КП.06.3.017.Е7 .

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

4. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

4.1. Визначення технологічних вимог до системи автоматизації.

Згідно з прийнятою технологічною схемою (див. розділ 2.1), система автоматизованого керування лінією виготовлення соку повинна: [5]:

- дотримання технологічного режиму;
- машини вмикаються у послідовності, визначеній технологічною схемою;
- в схему необхідно додати світлову сигналізацію роботи технологічного обладнання;
- під час пастеризації необхідно підтримувати тиск гарячої води на рівні 0,4 Мпа;
- передбачити роботу системи в автоматичному та ручному режимах;
- в режимі пастеризації процес включає швидке нагрівання яблучного соку до температури 103°C протягом 3 хвилин, а потім швидке його охолодження до 16°C;
- для забезпечення встановленого температурного режиму під час пастеризації, потрібно зберігати контур охолодження стабільним, а в контурі нагріву передбачити індивідуальне обігрівання та циркуляцію води;
- кожна технологічна машина, яка використовується на робочій ділянці, має бути обладнана електроприводом;
- для автоматизації управління процесом виготовлення яблучного соку необхідно впровадити автоматичні засоби управління в електричну схему;
- забезпечити захист електричного обладнання від перевантажень та коротких замикань.

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

4.2. Визначення параметрів контролю системи виробництва соку.

Відповідно до аналізу технологічного процесу виробництва яблучного соку, про який йдеться в підрозділі 2.1, визначено перелік ключових параметрів, які потребують постійного контролю та автоматичного регулювання в системі керування процесом виробництва яблучного соку [25]:

- a) температура соку під час стерилізації, °С;
 - 1. під час нагрівання до 120°С;
 - 2. під час охолодження до 98-100°С.
- b) нагрівання соку в пастеризаторі - від 70°С до 95°С;
- c) циркуляція та створення тиску гарячої води - 0,45 Мпа;
- d) час витримку соку в стерилізаторі – від 40 до 60 с.

Система керування відстежує значення ключових параметрів за допомогою датчиків. Сигнали від датчиків обробляються та підсилюються в блоках системи керування, після чого генерується сигнал для електроприводу обладнання.

4.3. Розробка та опис функціональної схеми системи контролю і керування технологічним процесом.

Функціональна схема автоматизації є серцем системи керування технологічним процесом виробництва яблучного соку. Вона визначає взаємозв'язок між різними елементами системи та забезпечує її ефективну роботу. [4]:

Схема складається з двох основних блоків:

1. Блок розташування технічних засобів:

- Показує розташування датчиків, приладів та інших елементів системи автоматизації.
- Дає уявлення про хід та контроль технологічного процесу.

2. Блок взаємодії вимірювальних перетворювачів з виконавчими механізмами:

- Представлений у вигляді таблиці.
- Описує функції засобів автоматики та їх взаємодію між собою.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						27
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Вказує напрямок проходження сигналів в системі.

Всі вимірювальні перетворювачі в системі дискретні. Вони виконують функції аварійної сигналізації та керування.

Функціональна схема системи контролю і керування технологічним процесом представлена на листі КП.06.3.017.Е2 кваліфікаційної роботи.

4.4. Розробка та опис принципової електричної схеми керування системою переробки яблук.

Принципові електричні схеми створюють для детального відображення взаємозв'язків між пристроями з урахуванням їх принципу дії та послідовності дій. На даному типі схем електричні компоненти зображуються за допомогою умовних позначень, а зв'язки між ними позначаються також за допомогою ліній, блоків і модулів. Крім того, на схемі можна знайти загальне зображення принципу роботи функціонального вузла, пояснювальний напис, склад окремих елементів, схему перемикачів контактів і перелік використовуваних на схемі пристроїв.

Основна електрична програма передбачає ручний і автоматичний режим роботи. При виробництві яблучного соку використовується тільки автоматичний режим.

Ручний режим використовується для налаштування роботи технологічної лінії та видалення залишків продукту з обробних машин.

Електроприймачі отримують живлення через автоматичні вимикачі QF5, QF6, QF7, QF8, QF9. Одразу з замиканням контактів цих вимикачів, напруга подається на нерухомі контакти магнітних пускачів KM1, KM2, KM3, KM4, KM5. Як тільки контакти замикаються живлення подається на відповідне силове обладнання M1-M4 (електродвигуни) та нагрівач EK1.

Для ввімкнення ручного режиму роботи потрібно перевести перемикач SA в положення "P", живлячи тим самим ланцюги кнопок SB1– SB12. Натискання кнопки SB2 подає живлення на котушку електромагнітного пускача KM1. Пускач спрацює, втягнувши осердя, заблокувавши контакти та шунтуючи кнопку SB2. Замкнуті силові контакти пускача KM1 подають

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						28
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

живлення на електродвигун М1, приводячи в рух насос соку з м'якоттю. Перед запуском насоса потрібно обов'язково переконатись, що всі компоненти готові, не залишати його без нагляду під час роботи.

При натисненні кнопки SB1 контакти електромагнітного реле КМ1 розмикаються і відключають електродвигун М1. Керування іншими двигунами та нагрівачами здійснюється подібним чином за допомогою відповідних кнопок:

- Двигун М2 (насос гарячої води): SB3 (запуск), SB4 (зупинка).
- Двигун М3 (сепаратор): SB5 (запуск), SB6 (зупинка).
- Двигун М4 (насос сепарованого соку): SB7 (запуск), SB8 (зупинка).
- Електронагрівач ЕК1 (вода для пастеризації): SB9 (запуск), SB10 (зупинка).
- Електромагнітний клапан YA, що регулює подачу охолодженої води для пастеризації, керується сигналами: SB11 - подача води, SB12 - припинення подачі води.

Для функціонування схеми в автоматичному режимі роботи потрібно пакетний перемикач SA перевести в положення «А». Якщо у збірнику 2 є наявність соку з м'якоттю контакт датчика SL1 (нижнього рівня) замкнеться і після переведення схеми в режим автоматичної роботи, напруга через замкнені контакти SL1 KV2 надійде до котушки електромагнітного пускача КМ2, а той в свою чергу втягне ярмо, силові контакти спрацюють і увімкнеться електродвигун М2 (привід водяного насосу пастеризатора 9). Допоміжні контакти забезпечать подачу живлення на котушку магнітного пускача КМ5, активуючи тим самим ТЕНи для нагріву води.

Циркулюючи замкненим контуром, вода нагрівається до 130°C. Датчик температури SK1, зафіксувавши цю температуру, замикає контакт, що активує проміжне реле KV1. Це реле відкриває клапан YA холодної води та вмикає двигун М1 насоса соку з м'якоттю.

Датчик SK2 контролює температуру води. Коли вона перевищує 135°C, датчик спрацьовує і за допомогою реле KV3 відключає ТЕНи. Сік подається

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						29
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

через пастеризатор у збірник 5. Коли рівень соку стає максимальним, спрацьовує датчик SL2, це призводить до подачі живлення на проміжне реле KV2. Реле KV2, в свою чергу, знеструмлює котушки магнітних пускачів KM2 і KV1. Внаслідок цього відбувається знеструмлення електромагнітного клапана YA та зупинка насоса M1. Крім того, знеструмлюється котушка магнітного пускача KM5, що призводить до вимкнення нагрівача води EK. Таким чином, процес пастеризації соку зупиняється.

При наявності пастеризованого яблучного соку в резервуарі 5 активується датчик SL3 (нижнього рівня). Це призведе до вмикання магнітного пускача KM4, який запустить двигун M4 насосу сепарованого соку 7. Одночасно з цим, за допомогою KM3, буде активовано двигун M3 приводу сепаратора.

Сік, що пройшовши сепарацію, буде надходити у резервуар 16 до досягнення максимального рівня. При цьому спрацює датчик рівня SL4 (верхнього рівня), який, розімкнувши свій контакт, зупинить роботу двигуна насоса M4 і сепаратора M3.

Коли сік з м'якоттю у збірнику 2 закінчиться, датчик рівня SL1 розімкне свій контакт. Це призведе до знеструмлення магнітного пускача KM2, що зупинить роботу насоса M2. Крім того, буде знеструмлено магнітний пускач KM5 (нагрівач EK) та насос M1.

При виявленні закінчення пастеризованого соку у збірнику 5 датчик SL3 активується. Це призведе до знеструмлення магнітного пускача KM4, що зупинить роботу насоса M4 (насос сепарованого соку). Крім того, буде знеструмлено магнітний пускач KM3, що зупинить електродвигун M3 сепаратора.

Встановлення підпірних клапанів 12 в рамках реконструкції схеми керування дозволило підвищити температуру теплоносія за рахунок зростання тиску.

При падінні тиску нижче 0,4 МПа датчик SP активується, що призводить до замикання його контактів та вмикання проміжного реле KV4. При спрацьовуванні цього реле відбувається вимкнення магнітних пускачів KM5

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						30
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(нагрівач) і КМ1 (насос соку), а також активується звукова сигналізація НА, розташована на диспетчерському пульті. Функціонування інших машин керується датчиками рівня, встановленими в проміжних резервуарах 5 і 8.

Сигнальні лампи HL2–HL6 інформують про роботу чотирьох двигунів та нагрівача. Лампа HL1 вказує на наявність напруги в схемі керування.

Принципова електрична схема керування системою представлена на листі КП.06.3.017.Е3 кваліфікаційної роботи.

Перелік обладнання, згідно зі схемою електричною принциповою наведено в таблиці 4.1

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

4.5 Складання переліку елементів для системи керування.

Таблиця 4.1 – Таблиця переліку елементів.

Поз. позн.	Найменування	Кільк.	Примітка
1	2	3	4
A1	ПР11-3054 ДСТУ EN 61439-3:2017	1	
A2	Шафа керування ШУ5000, ТУ 3434-003-71647314-2004	1	
	Електродвигуни		
M1	АИУ90LA2	1	$P_H = 1,5 \text{ кВт}$
M2	AIP 100L4	1	$P_H = 4 \text{ кВт}$
M3	4AM160S4	1	$P_H = 15 \text{ кВт}$
M4	AIP80A2Y3	1	$P_H = 1,5 \text{ кВт}$
EK1	ТЕНи ET-160	1	$P_H = 9 \text{ кВт}$
	Автоматичні вимикачі		
QF5	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 4,0 \text{ А}$
QF6	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 10 \text{ А}$
QF7	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 32 \text{ А}$
QF8	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 4,0 \text{ А}$
QF9	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 20 \text{ А}$
QF4	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 63 \text{ А}$
SF	BA47-29, ТУ 2000 АГІЕ.641.235.003	1	$I_{н.тр} = 16 \text{ А}$
KV1...KV4	Реле проміжне РП 21-002УХЛ4, ТУ 16.523.593-80	4	
	Магнітні пускачі		
KM1, KM2, KM4	ПМЛ-1100, ТУ3420-091-05758109- 2016	3	$I_H=10\text{А}$
KM3	ПМ 2-32-10, ТУ16-644.001-83	1	$I_H=32\text{А}$
KM5	ПМЛ-2160М, ТУ3420-091-05758109- 2016	1	$I_H=25\text{А}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КП.06.3.017.ПЗ

Арк.

32

	Кнопочві пости		
SB1- SB12	XAL-D371H29, ДСТУ ІЕС 60947-5-1.	6	
SA	Перемикач універсальний ПКП-25, ТУ 16-642.046-86	1	
SL1...SL4	Датчики рівня DOL 28RG	4	
SK1, SK2	Датчики температури ТР- 200	2	
SP	Датчик тиску MBS 1700	1	
	Сигнальна арматура		
HL1- HL6	AD22-22DS, ДСТУ ІЕС 947-5-1	6	

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

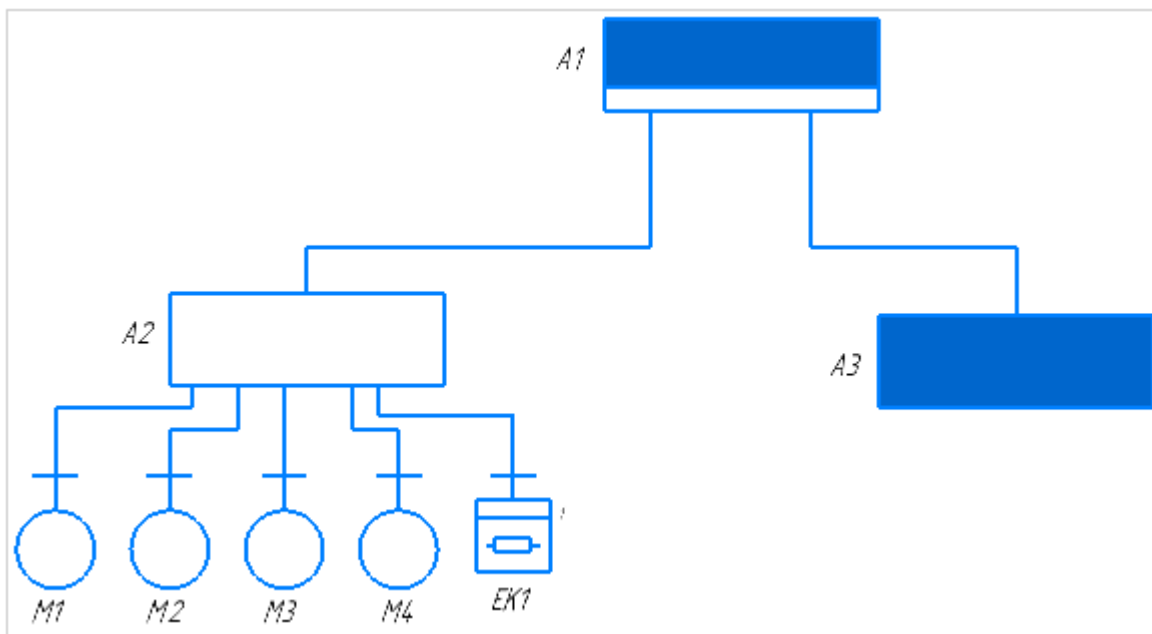
5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПОВОДКИ ЦЕХУ

5.1. Розробка схеми живлення силового обладнання.

Згідно з вимогами, описаними в підрозділі 2.4, силовий щит розташований в окремому приміщенні, призначеному для розміщення електрообладнання - електрощитовій.

Шафа керування А2 та освітлювальний щит А3 отримують живлення від силового розподільчого щита А1. З'єднання шафи керування з наступними струмоприймачами: М1, М2, М3, М4 та ЕК1 здійснюється за допомогою п'яти чотирьохжильних кабелів. Розрахункова схема представлена на рисунку 5.1.

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема силової електричної мережі.



5.2. Розробка розрахунково-монтажної таблиці електричної мережі.

Розрахунково-монтажна таблиця внутрішньої мережі цеху виготовлення яблучного соку наведена на листі КП.06.3.017.Е3 графічної частини проекту.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КП.06.3.017.ПЗ

Арк.

34

5.3. Розрахунок навантажень на окремих ділянках магістральної системи.

Після складання схеми електричної принципової розподільчої мережі, розраховують електричні навантаження на кожному її відрізку, враховуючи підключені до них електроприймачі.

Обчислення розрахункових струмів електроприймачів за допомогою формул [6]. :

-для однофазних електроприймачів

$$I_{розр.} = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}}, \quad (5.1)$$

-для трифазних електроприймачів

$$I_{розр.} = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}}, \quad (5.2)$$

-для трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором

$$I_{розр.} = \frac{P_{ном} \cdot 10^3 \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta_{ном}}, \quad (5.3)$$

де $P_{ном}$ - споживання електроенергії електроприймачем, кВт (номінальне);

K_3 - відношення фактичної потужності електродвигуна до його номінальної потужності;

$U_{ном}$ - номінальна напруга, В;

$\cos \varphi_{ном}$ - номінальний коефіцієнт потужності;

$\eta_{ном}$ - номінальний коефіцієнт ККД електродвигуна.

Щоб визначити розрахунковий струм $I_{м.р.}$ магістральної ділянки між шафами А1 і А2 використовуємо вираз [6]:

$$I_{м.р.} = K_0 \cdot \sum I_p, \quad (5.4)$$

де: K_0 – коефіцієнт одночасності; $K_0 = 0,8$.

$$I_{м.р.} = 0,8 \cdot (3,2 + 9,26 + 29,09 + 3,31 + 18,94) = 51,04 \text{ А}$$

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кабель прокладено в одній металевій трубі. Згідно умови вибору перерізу кабелю (5.6) обираємо кабель АВВГ 5х16 з перетином жил 16мм².

$$I_{\text{доп.тр.п.}} = 60A > I_{\text{розр.}} = 51,04A.$$

Умова виконується.

Визначення розрахункової величини електричного струму на ділянці від трансформаторної підстанції до ввідного розподільчого щита можна визначити за допомогою цієї формули [6]:

$$I_{\text{розр.в.}} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{розр.м.і.}} \quad (5.5)$$

Схема електричної принципової розподільчої мережі містить інформацію про розрахункові навантаження електроприймачів та мереж живлення.

5.4 Підбір кабельної продукції.

Нагрівання провідників під час проходження струму - це явище, обумовлене їх активним опором. Це стосується як самих провідників, так і їх ізоляції. Чим більший струм проходить через провідник і чим довше він діє, тим сильніше він нагрівається (за умови незмінного охолодження). Наслідками цього нагрівання можуть бути: збільшення втрат електроенергії, старіння ізоляції, погіршення її діелектричних властивостей, що може призвести до коротких замикань, пожеж, виходу з ладу контактних з'єднань в проводах повітряних ліній та розподільчих пристроїв.

Умови нагріву:

- Необхідно забезпечити допустимий рівень нагріву, щоб запобігти перегріву та пошкодженню ізоляції.

Механічна міцність:

- Переріз та тип проводу/кабелю повинні бути обрані з урахуванням механічних навантажень.

Втрата напруги:

- Важливо мінімізувати втрати напруги в мережі, щоб забезпечити стабільну роботу електроприладів.

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Під час вибору проводів та кабелів потрібно керуватись такими факторами як матеріал провідника та ізоляції та спосіб прокладки.

Щоб правильно підібрати переріз жил кабелю, слід враховувати два ключові моменти: допустимий рівень нагріву та механічну стійкість.

При визначенні перерізу жил за умовою нагріву необхідно керуватися наступною умовою [7]:

$$I_{\text{доп.тр.п.}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (5.6)$$

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ - допустиме значення струму, на яке розрахований даний провід (кабель), (А);

$I_{\text{розр}}$ - очікуване значення струму, яке буде протікати через даний провід (кабель), А.

При визначенні кількості жил багатожильного кабелю не беруться до уваги: нейтральний робочий провідник чотирипровідної системи трифазного струму, а також заземлюючі та нейтральні захисні провідники.

Вибір перерізу жил кабелів за міцністю ґрунтується на таких умовах:

$$S_{\text{пр}} \geq S_{\text{мін}}, \quad (5.7)$$

де $S_{\text{пр}}, S_{\text{мін}}$ - переріз вибраного проводу (кабелю) має бути не меншим за найменший переріз струмопровідних жил проводів і кабелів, що використовуються в даній системі (мм²).

Для живлення електродвигунів М1 - М4 використовується кабель марки АВРГ, прокладений в трубах. Розрахунковий струм мережі, що живить електродвигун М1, розраховується таким чином:

$$I_p = \frac{P_{\text{ДВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H}, \quad (5.8)$$

де: $P_{\text{ДВ}}$ – потужність двигуна, кВт;

U_H – номінальна напруга, кВ;

$\eta_H, \cos \varphi_H$ – ККД і коефіцієнт потужності електродвигуна.

$$I_p = \frac{1,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,81 \cdot 0,88} = 3,2 \text{ А}$$

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки для силової мережі приводів, що живлять електродвигуни, відцентрових насосів та сепаратора М2-М4 проводяться аналогічно.

Спосіб прокладки – у трубах, прокладених по стіні. Кількість жил кабелю– 4. По [7] вибираємо марку кабелю АВРГ – 2,5; $I_{mp.don} = 19$ А.

Щоб правильно підібрати трубу для прокладання кабелів, необхідно розрахувати її внутрішній діаметр за допомогою спеціальної формули [7] :

(5.9)

$$d_{mp} = d_{np} \sqrt{\frac{n}{k_3}},$$

де d_{np} - діаметр проводу, або кабелю з ізоляцією, мм; $d_{np} = 4$ мм. [8,9];

n - кількість провідників;

k_3 - коефіцієнт заповнення; $k_3 = 0,5$. [10];

$$d_{mp} = 4 \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 11,31 \text{ мм.}$$

Для прокладання кабелю для живлення електродвигуна М1 обираємо стандартну сталеву трубу діаметром 12 мм [10]; та товщиною стінки 2мм. Вибір кабелів для інших споживачів та труб для їх прокладки обираємо аналогічно.

Результати вибору наведено в розрахунково-монтажній таблиці мережі цеху.

Схема електричної принципової розподільчої мережі містить розрахункові дані про вибір кабелів та стандартні значення підібраних труб.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

5.5 Розрахунок та вибір пускозахисного обладнання.

Автоматичні вимикачі (АВ) – це незамінні компоненти сучасних електроустановок, що забезпечують їх безпечну та безперебійну роботу. Їх основне завдання – захищати електричні ланцюги від небезпечних режимів, таких як перевантаження, короткі замикання та ненормальна напруга. Окрім захисних функцій, АВ також дають можливість вручну керувати ланцюгами та візуально контролювати їх стан. Завдяки своїй компактності та надійності, автоматичні вимикачі широко застосовуються в житлових, промислових та комерційних будівлях, а також в електроустановках різноманітного призначення.

Роботу автоматичних вимикачів (АВ) забезпечують спеціальні пристрої – розчіплювачі. Їх функція полягає в автоматичному відключенні при виникненні небезпечних режимів в електричному ланцюгу.

Існує декілька типів розчіплювачів, які реагують на різні параметри електромережі:

- Максимальні розчіплювачі струму: спрацьовують при перевищенні допустимого струму протягом певного часу, захищаючи ланцюг від перевантажень.
- Мінімальні розчіплювачі напруги: відключають АВ при значному зниженні напруги, захищаючи чутливе обладнання від пошкоджень.
- Незалежні розчіплювачі напруги: реагують на порушення заданого параметра напруги, незалежно від інших факторів, забезпечуючи додатковий рівень захисту.

Завдяки розчіплювачам, автоматичні вимикачі стають надійними захисниками електроустановок, гарантуючи їх безпечну та безперебійну роботу.

Підбір автоматичних вимикачів здійснюється з урахуванням наступних умов: [7,12]:

- 1) за типом або серією;
- 2) номінальна напруга автоматичного вимикача:

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

$$U_{н.ав.} \geq U_c, \quad (5.10)$$

де: U_c - напруга мережі, В; $U_c = 380$ В;

3) по номінальному струму:

$$I_{н.ав.} \geq I_p, \quad (5.11)$$

4) за виконанням автоматичні вимикачі поділяються за наступними характеристиками:

1. Кількість полюсів:

- Однополюсні: захищають один провідник (застосовуються для освітлення та розеток).
- Двополюсні: оберігають два провідника (фазу та нуль), підходять для однофазних ланцюгів.
- Триполюсні: забезпечують захист трьох провідників (три фази), використовуються в трифазних мережах.
- Чотириполюсні: оберігають чотири провідника (три фази та нуль), застосовуються в трифазних мережах з нульовим провідником.

2. Тип основних розчіплювачів:

- Тепловий розчіплювач (ТР): спрацьовує з затримкою при перевищенні допустимого струму, захищаючи від перегріву та пошкоджень.
- Електромагнітний розчіплювач (ЕМР): реагує миттєво при значних перевищеннях струму, захищаючи від коротких замикань.

3. Додаткові розчіплювачі:

- Незалежний розчіплювач: спрацьовує при порушенні заданого параметра напруги, незалежно від інших факторів.
- Розчіплювач мінімальної напруги: відключає АВ при значному зниженні напруги, захищаючи чутливе обладнання.
- Нульовий розчіплювач: реагує на перевантаження або КЗ в нульовому провіднику.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

$(I_{н.нб.} - I_{ном.нб.})$ - найбільша різниця між пусковим і номінальним струмами асинхронного двигуна, А.

Обираємо автоматичний вимикач QF5 для кола живлення електродвигуна плунжерного насоса (М1) АИУ90LA2, що використовується для перекачування соку з м'якоттю.

Щоб убезпечити електричне коло з одним асинхронним двигуном, потрібно розрахувати величину пускового струму в мережі. Для цього використовується спеціальна формула:

$$I_{н.розр.} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{н.АД}, \quad (5.14)$$

де $I_{н.АД}$ - це пусковий струм електродвигуна, А.

$$I_{н.АД} = I_{ном.АД} \cdot K_i, \quad (5.15)$$

де K_i - кратність пускового струму електродвигуна.

Для двигуна АИУ90LA2: $I_{розр.дв.} = 3,2 \text{ А}$, $K_i = 6$.

$$I_{н.АД} = 3,2 \cdot 6 = 19,2 \text{ А};$$

$$I_{н.розр.} = 1,6 \cdot 19,2 = 30,72 \text{ А}.$$

Струм відсічки електромагнітного розчіплювача дорівнює:

$$I_{н.розр.} = I_{ном.розч.} \cdot K, \quad (5.16)$$

де K – кратність струму відсічки автоматичного вимикача [13].

Для двигуна АИУ90LA2 з $I_{розр.дв.} = 3,2 \text{ А}$ обираємо найближче номінальне значення розчіплювача $I_{ном.розч.} = 4 \text{ А}$. Для автоматичного вимикача з характеристикою С кратність струму відсічки становить 10.

$$I_{відс.р.м.} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ А}.$$

$$I_{відс.р.м.} = 40 \text{ А} > I_{н.розр.} = 3,2 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Ґрунтуючись на вимогах до вибору автоматів для електродвигуна АИУ90LA2, обираємо автоматичний вимикач серії ВА47-29 4А 3Р [23] :

$$I_{ном.АВ.} = 4 \text{ А}; U_{ном.АВ} = 380 \text{ В}; I_{ном.т.р.} = 4 \text{ А}; I_{відс.р.м.} = 40 \text{ А}.$$

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для монтажу у ввідному розподільчому пункті будемо використовувати автоматичний вимикач серії ІЕК ВА88-33.

Розрахунковий струм магістралі А1-А2 $I_{розр.м.} = 51,04А$, Обираємо автоматичний вимикач ВА47-29 3Р 63А з $I_{ном.АВ.} = 63А$, $I_{ном.розч.} = 63А$. [13].

Для мережі живлення А1-А2 $I_{п.розр.}$ розраховуються за формулою (5.13). Шафа

керування А2 живить електроенергією споживачів, які мають такі струми:

(М1) - $I_{розр.} = 3,2А$; (М2) - $I_{розр.} = 9,26А$; (М3) - $I_{розр.} = 29,09А$; (М4) -

$I_{розр.} = 3,31А$; (ЕК1) - $I_{розр.} = 18,94А$; Тоді:

$I_{п.розр.} = 1,8 \cdot [(3,2 + 9,26 + 29,09 + 3,31 + 18,94) + (29,09 \cdot 6,1 - 29,09)] = 381,88А$.

Для автоматичного вимикача ВА47-29 3Р 63А з $I_{ном.АВ.} = 63А$ [13]

кратність струму відсічки $K=10$. Отже

$$I_{відс.р.м.} = 63 \cdot 10 = 630А;$$

$$I_{відс.р.м.} = 630А > 381,88А.$$

Умова виконується.

Підбір автоматичних вимикачів для інших струмоприймачів та мереж живлення буде проведено за аналогією. Результати вибору заносяться до схеми електричної принципової розподільчої мережі.

Вибір електромагнітних пускачів для керування електродвигунами здійснюється згідно з умовами [7]:

1. За типом або серією.
2. За номінальною напругою електромагнітного пускача, за умови:

$$U_{ном.МП.} \geq U_{мережі} \quad (5.17)$$

3. За номінальним струмом електромагнітного пускача, за умови:

$$I_{ном.МП} \geq I_{розр.} \quad (5.18)$$

4. За типом:

- Реверсивні (з можливістю зміни напрямку обертання валу) та неревверсивні

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

- З вбудованим тепловим реле для захисту від перегріву та без нього
- З електромеханічним блокуванням, яке запобігає одночасному включенню двох напрямків обертання, та без блокування.

5. За умовою номінального струму неспрацювання теплового реле:

$$I_{\text{ном.н.т.р.}} \geq I_{\text{ном.АД}} ; I_{\text{ном.н.т.р.}} \geq I_{\text{розр.}} \quad (5.19)$$

із наступним регулюванням струму неспрацювання теплового реле, що забезпечує виконання рівняння:

$$I_{\text{ном.н.т.р.}} = I_{\text{ном.АД}} ; I_{\text{ном.н.т.р.}} = I_{\text{розр.}} \quad (5.20)$$

6. За ступенем захисту (ІР).
7. За наявністю кнопок керування ("Пуск", "Стоп").
8. В залежності від кількості контактів у допоміжному колі.
9. За типом струму і напругою втягуючої котушки.
10. За кліматичним виконанням і категорією розташування.
11. За рівнем комутаційної зносостійкості

По [12,14] для двигуна М1 вибираємо електроммагнітний пускач серії ПМЛ-1100; $U_n = 380$ В; $I_{\text{нп}} = 10$ А; нереверсивний; з одним замикаючим контактом у допоміжному колі, без кнопок «ПУСК» і «СТОП»; по кліматичному виконанню та категорії розміщення УЗ; ступінь захисту – ІРОО. Вибір інших електроммагнітних пускачів проводимо аналогічно. Дані вибору електроммагнітних пускачів заносяться до схеми електричної принципової розподільчої мережі.

5.6. Вибір силових розподільчих пристроїв.

Розподільчим пристроєм для даного проекту обрано розподільчий пункт серії ПР11-3054. [12,14].

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

6.1 Вибір системи і виду освітлення.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення» та рекомендаціями [19, 24], у всіх приміщеннях буде використовуватися робоче освітлення. Система освітлення у всіх приміщеннях буде загальною рівномірною, як рекомендується в [19, 24].

6.2. Вибір джерела світла та типу світильника.

Згідно з [19, 24] для освітлення приміщень підприємства застосовуються лампи розжарювання та люмінесцентні лампи низького тиску типу ЛБ. Зовнішнє освітлення реалізовано за допомогою ламп розжарювання.

Світильники типу ПВЛМ, ЛСП18, НСП01 та НСП22 різної потужності встановлені в приміщеннях. Для вуличного освітлення використовуються світильники СПП200.

6.3. Вибір нормованої освітленості.

Значення нормованої освітленості приміщень наведено в табл. 6.1 [24].

Таблиця 6.1 - Характеристики приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Висота Н, м	Нормована Освітленість,лк
1	Цех виробництва яблучних соків	26,1	23,3	5	150
2	Коридор	26,4; 43,4	10,7; 12,9	5	75
3	Майстерня	25,8	12,9	5	150
4	Лабораторія	25,8	12,9	5	200
5	Відділення готової продукції	25,8	12,9	5	30
6	Електрощитова	13,2	12,3	5	50

2. Відповідно до рекомендацій [19, 24], для даного приміщення рекомендується використовувати таке освітлення:

- тип освітлення: робоче;
- система освітлення: загально-рівномірна;

3. Дотримуючись рекомендацій [19, 24], джерелом світла в даному приміщенні вибираємо газорозрядну люмінесцентну лампу низького тиску. Розрахунок робочого освітлення буде виконано точковим методом лінійних ізолюкс.

4. За таблицями [24] обираємо світильник типу ЛСП18 з кривою світла – Д1.

5. Згідно з таблицями [24]:

- норма освітлення робочої поверхні (E_n) становить 150 люксів (лк).
- робоча поверхня розташована на висоті 0,8 метра від підлоги ($h_{p.n.} = 0,8$ м).

6. За таблицями [24] визначаємо коефіцієнт запасу $k_s = 1,3$.

7. Коефіцієнт нерівномірності $Z = 1.1$ [24].

Визначення та розрахунок значень висот:

- висота підвісу $h_n = 5$ м;
- висота звісу $h_{зв.} = 0,2$ м;
- висота робочої поверхні $h_{p.n.} = 0,8$ м.

Розрахункова висота:

$$H_{розр.} = H - H_{зв.} - H_{p.n.} \quad (6.1)$$

де H – висота приміщення, м, $H = 5$ м;

$H_{зв.}$ – висота звісу світильника, $h_{зв.} = 0,2$ м;

$H_{p.n.}$ – висота робочої поверхні, м, $h_{p.n.} = 0,8$ м.

$$H_{розр.} = 5 - 0,2 - 0,8 = 4 \text{ м.}$$

9. Світильники буде розміщено паралельно до більшої сторони приміщення, згідно з рекомендаціями [19].

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

Відстань між рядами світильників буде визначено з урахуванням світлотехнічних та економічних показників, описаних в [24] для даного типу світильника.

$$\lambda_c = 1,4 \dots 1,6; \lambda_e = 1,6 \dots 2,1.$$

10. Щоб визначити рекомендовану відстань між рядами використовуємо наступну формулу:

$$L_g = (\lambda_c - \lambda_e) \cdot H_{розр}; \quad (6.2)$$

$$L_g = (1,4 \dots 2,1) \cdot 4 = 5,6 \dots 8,4 \text{ м.}$$

Обираємо $L_g = 6 \text{ м.}$

11. Щоб визначити відстань ряду світильників від стіни використовуємо наступний вираз:

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot L_B; \quad (6.3)$$

$$L_g = (0,3 \dots 0,5) \cdot 6 = 1,8 \dots 3 \text{ м,}$$

Задаємося $L_g = 2,66 \text{ м.}$

12. Кількість рядів світильників:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (6.4)$$

$$N_B = \frac{23,3 - 2 \cdot 2,65}{6} + 1 = 4 \text{ шт.}$$

До монтажу було обрано $N_B = 4$ ряди.

13. Довжина напівряду L :

$$L = \frac{A}{2}; \quad (6.5)$$

$$L = \frac{21,6}{2} = 13,05 \text{ м.}$$

14. Щоб визначити відстань (p) від розрахункової точки до світлового ряду, її обираємо по центру приміщення між рядами.

$$P = \frac{L_B}{2}; \quad (6.6)$$

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

$$F' = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,3 \cdot 4}{376 \cdot 1,1} = 1886 \frac{\text{лм}}{\text{м}}$$

20. Згідно таблиць вибираємо світильники з однією лампою ЛБ 40-4 із світловим потоком $\Phi_{\text{л}} = 3000$ лм, номінально потужністю $P_{\text{лн}} = 40$ Вт, довжина світильника $l_{\text{св}} = 1,214$ м.

21. Необхідний світловий потік ряду:

$$F_{\text{ряда}} = F' \cdot A \quad (6.10)$$

$$F_{\text{ряда}} = 1886 \cdot 26,1 = 49225 \text{ лм.}$$

22. Світловий потік світильника:

$$F_{\text{св}} = \Phi_{\text{л}} \cdot n \quad (6.11)$$

$$F_{\text{св}} = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ лм.}$$

23. Кількість світильників в ряду:

$$N_{\text{ряда}} = \frac{F_{\text{ряда}}}{F_{\text{св}}}, \quad (6.12)$$

$$N_{\text{ряда}} = \frac{49225}{3000} = 16,4 \text{ св.}$$

Обираємо 16 світильників.

24. Розриви між світильниками в ряду:

$$\Delta l = \frac{A - l_{\text{св}} \cdot N_{\text{ряда}}}{N_{\text{ряда}}}, \quad (6.13)$$

$$\Delta l = \frac{26,1 - 1,214 \cdot 16}{16} = 0,42 \text{ м.}$$

25. Умова неперервності ряду:

$$\Delta l_{\text{фак}} < 0,5 H_p; \quad (6.14)$$

$$0,42 \text{ м} < 2 \text{ м.}$$

Умова виконується, ряд неперервний.

26. Встановлена потужність:

$$P_{\text{вст}} = 1,25 \cdot P_{\text{л}} \cdot n \cdot N_A \cdot N_B; \quad (6.15)$$

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7 Визначення системи напруг. Вибір системи живлення освітлювальних установок.

Для електропостачання споживачів мережі освітлення застосовуємо систему напруги 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю та частотою 50 Гц.

В якості системи живлення освітлювальних установок обираємо магістральну схему.

6.8 План приміщення з позначенням місць монтажу світильників, вимикачів та розеток.

На плані приміщення помічаємо місця встановлення світильників та вимикачів відповідно до проведеного вище світлотехнічного розрахунку.

6.9 Визначення місць монтажу освітлювальних щитів.

Групові освітлювальні щити повинні бути розміщені:

- В центрі зосередження електричних навантажень: це забезпечить зручний доступ до них для обслуговування та ремонту.
- В доступному та зручному місці: до щита має бути вільний доступ для персоналу, який відповідає за його обслуговування.
- В приміщеннях з сприятливим середовищем: щит не повинен бути підданий впливу вологи, пилу, агресивних хімічних речовин або екстремальних температур.

Висота встановлення щита не повинна перевищувати 2 метри до його верхньої частини.

В даному випадку щит освітлення буде встановлений в електрощитовій кімнаті.

6.10 Визначення трас прокладання мережі освітлення цеху.

Все навантаження ділимо рівномірно на три фази. З врахуванням рекомендацій ПУЕ обираємо 3 групи.

6.11 Визначення марки проводів та способу їх прокладання.

Ця електроустановка не передбачає демонтажу та перенесення, тобто є стаціонарною.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), для освітлення в даному проекті використовується кабель з мідними жилами типу ВВГнг [8].

Вибір кабелю ВВГнг обумовлений:

- Типом приміщення: кабель ВВГнг не горить, що робить його безпечним для даного типу приміщення.
- Технологією виробництва: кабель ВВГнг стійкий до механічних пошкоджень та хімічних речовин, що важливо з огляду на особливості технологічного процесу.

В усіх приміщеннях проекту проводка прокладається в металевому рукаві вздовж стін та стелі.

Таблиця 6.4 Розподіл навантаження освітлення на групи.

Номер групи	Система групи	Номер приміщення на плані	Потужність, Вт
1	A+N	1, 5	4800
2	B+N	3, 4	4200
3	C+N	2, 6, , освітлення входів	3660

Загальна потужність освітлювальної установки:

$$P_{A1-A3} = 4800 + 4200 + 4660 = 13660 \text{ Вт.}$$

Розрахунковий струм на ділянці А1-А3 визначаємо за формулою:

$$I_{A1-A3} = \frac{P_{розр}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}. \quad (6.17)$$

Розрахункові струми груп визначаємо за формулою:

$$I_{гр} = \frac{P_{лл}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} + \frac{P_{лр}}{U_{\phi}}, \quad (6.18)$$

де $P_{лл}$, $P_{лр}$ – потужність люмінесцентних ламп та ламп розжарювання групи, Вт;

U_{ϕ} – номінальна фазна напруга мережі, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності ламп.

$$I_{A1-A3} = \frac{13660}{3 \cdot 220 \cdot 0,95} = 21,8 \text{ A};$$

$$I_{ep1} = \frac{3200}{220 \cdot 0,95} + \frac{1600}{220} = 22,6 \text{ A};$$

$$I_{ep2} = \frac{4200}{220 \cdot 0,95} = 20,1 \text{ A};$$

$$I_{ep3} = \frac{2600}{220 \cdot 0,95} + \frac{2060}{220} = 21,8 \text{ A}.$$

6.12 Обчислення оптимального перерізу проводу та його перевірка на нагрів.

Схема освітлювальної мережі наведена на рис. 6.1.

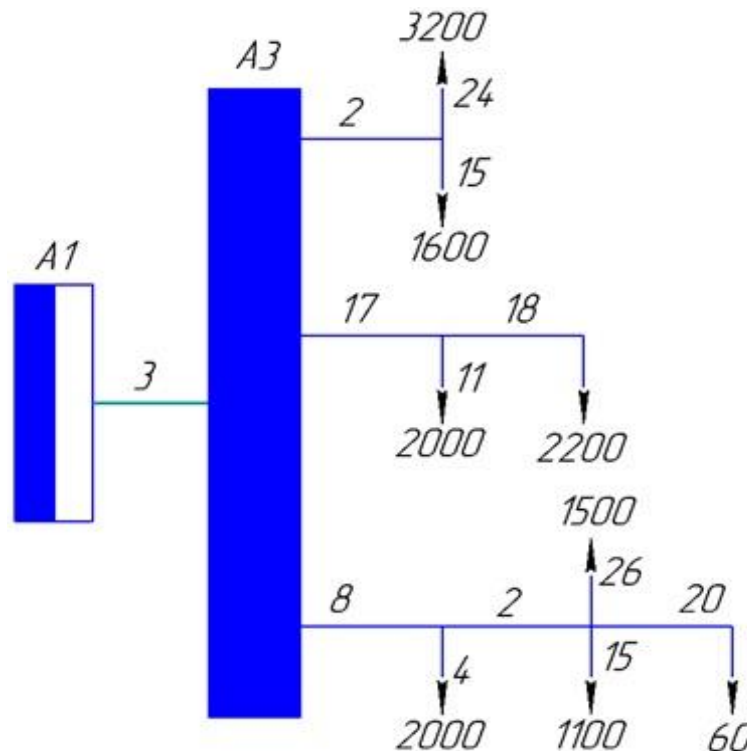


Рисунок 6.2. Розрахункова схема освітлювальної мережі

Момент живильної лінії визначається за формулою:

$$M_{A1-A3} = P_{вст\ A1-A3} \cdot \ell_{A1-A3}, \quad (6.19)$$

де $P_{вст\ A1-A3}$ – сума потужностей, що встановлені, Вт;

ℓ_{A1-A3} – довжина живильної мережі, м.

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{A1-A3} = 13,66 \cdot 3 = 41 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Момент для кожної групи знайдемо за виразом:

$$m_i = \sum P_i \cdot \ell_i, \quad (6.20)$$

де P_i – навантаження, кВт;

ℓ_i – довжина мережі по якій тече струм цього навантаження, м.

$$m_1 = 17 \cdot 1,6 + 22 \cdot 3,2 = 97,6 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m_2 = 28 \cdot 2 + 35 \cdot 2,2 = 133 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m_3 = 12 \cdot 2 + 25 \cdot 1,1 + 36 \cdot 1,5 + 30 \cdot 0,06 = 107,3 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Знаходимо площу перетину кабелю на живильній ділянці:

$$S_{A1-A3} = \frac{M_{A1-A3} + \alpha_{2-4} \cdot (m_1 + m_2 + m_3)}{C_4 \cdot \Delta U_{дон}}, \quad (6.21)$$

де M_{A1-A3} – момент навантаження на живильній ділянці, кВт·м;

m_1, m_2, m_3 – моменти навантажень відгалуджень на розрахунковій ділянці з неідентичною кількістю провідників, кВт·м;

α – коефіцієнт еквівалентності моментів навантаження, $\alpha = 1,85$ [24]

C – коефіцієнт, який визначається залежно від матеріалу кабелю, кількості проводів мережі, а також від системи напруги, $C_4 = 72$; $C_2 = 12$ [24]

$\Delta U_{дон}$ – допустимі втрати напруги в мережі, $\Delta U_{дон} = 2,5\%$. [24]

$$S_{A1-A3} = \frac{41 + 1,85 \cdot (97,6 + 133 + 107,3)}{72 \cdot 2,5} = 3,7 \text{ мм}^2.$$

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [11], мінімальний переріз проводів залежить від матеріалу та способу їх прокладання.

Для алюмінієвих проводів мінімальний переріз повинен бути $2,5 \text{ мм}^2$, а для мідних - $1,5 \text{ мм}^2$

Важливо зазначити, що це стосується не тільки проводів, що використовуються в межах приміщення, але й ввідних проводів. Мінімальний переріз ввідного проводу повинен бути 4 мм^2 [24]

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Ця вимога обумовлена тим, що ввідний провід піддається більшому навантаженню, ніж інші проводи в електроустановці.

Обираємо стандартну площу перерізу проводу $S_{A1-A3ст} = 6 \text{ мм}^2$

Втрата напруги на ділянці А1-А3 визначаємо за формулою:

$$\Delta U_{A1-A3} = \frac{M_{A1-A3}}{C_4 \cdot S_{A1-A3ст}}; \quad (6.22)$$

$$\Delta U_{A1-A3} = \frac{41}{72 \cdot 6} = 0,09\%.$$

Площа перерізу проводу на кожній з груп:

$$S_i = \frac{m_i}{C_2 \cdot (\Delta U_{дон} - \Delta U_{A1-A3})}; \quad (6.23)$$

$$S_1 = \frac{97,6}{12 \cdot (2,5 - 0,09)} = 3,37 \text{ мм}^2.$$

Обираємо кабель перерізом 4 мм².

$$S_2 = \frac{133}{12 \cdot (2,5 - 0,09)} = 4,59 \text{ мм}^2.$$

Обираємо кабель перерізом 6 мм².

$$S_3 = \frac{107,3}{12 \cdot (2,5 - 0,09)} = 3,7 \text{ мм}^2.$$

Обираємо кабель перерізом 4 мм².

Втрата напруги на кожній з груп:

$$\Delta U_i = \frac{m_i}{C_2 \cdot S_{iст}}; \quad (6.24)$$

$$\Delta U_1 = \frac{97,6}{12 \cdot 4} = 2,03\%;$$

$$\Delta U_2 = \frac{133}{12 \cdot 6} = 1,85\%;$$

$$\Delta U_3 = \frac{107,3}{12 \cdot 4} = 2,23\%.$$

Для кожної ділянки проводки проводиться перевірка перерізу проводу на відповідність допустимому нагріванню та механічну стійкість.

					КП.06.3.017.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка нагріву виконується за наступною формулою:

$$I_{розр} \leq I_{тр.доп.} \quad (6.25)$$

Тривало допустимий струм має наступні значення для площ перерізу [24]:

$$S = 6 \text{ мм}^2 - I_{тр.доп.} = 42 \text{ А};$$

$$21,8 \text{ А} < 42 \text{ А}.$$

Для освітлювальних груп розрахункові струми також менші за допустимий тривалий струм для проводів з обраним перерізом.

Зроблений вибір перерізу кабелів гарантує, що вони не перегріватимуться під час роботи освітлювальної мережі та витримають всі механічні навантаження.

6.13 Складання переліку матеріалів та обладнання для системи освітлення цеху.

Специфікація на матеріали та обладнання для освітлювальної установки наведена в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 Складання специфікації на матеріали та обладнання

Поз. Позн.	Найменування	К-ть, шт.	Примітка
А3	Щит освітлювальний	1	ЩО-9Н ДСТУ Б В. 2.5-60:2011
	Світильники:		
	НСП01	8	ДСТУ ІЕС 60598-1:2002
	СПП200	1	ДСТУ ІЕС 60598-1:2002
	НСП22	4	ДСТУ ІЕС 60598-1:2002
	ПВЛМ (2x40)	42	ДСТУ ІЕС 60598-1:2002
	ЛСП18 (1x40)	116	ДСТУ ІЕС 60598-1:2002
	Лампи розжарювання:		
	Г 230-240-200	8	ДСТУ ІЕС 60064:2008
	Г 220-230-500	4	ДСТУ ІЕС 60064:2008
	Б 220-230-60	1	ДСТУ ІЕС 60064:2008
	Лампи люмінесцентні:		
	ЛБ 40-4	200	ДСТУ EN 61199:2014

QF3	Автоматичний вимикач	1	Schneider Easy9 63 А, 3Р, С. ДСТУ EN 60898-1:2019
QF10	Автоматичний вимикач	1	Schneider Easy9 40 А, 3Р, С. ДСТУ EN 60898-1:2019
QF11, QF12, QF13	Автоматичний вимикач	3	Schneider Easy9 25 А, 1Р, С. ДСТУ EN 60898-1:2019
	Кабелі:		
	ВВГнг (5х6)	3	ДСТУ EN 60502-1
	ВВГнг (3х4)	133	ДСТУ EN 60502-1
	ВВГнг (3х6)	46	ДСТУ EN 60502-1

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Розробка правил техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання даної технологічної лінії потребує неухильного дотримання норм, викладених у «Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правилах безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [15, 16]. Ці документи є основоположними для гарантування безпечної та надійної експлуатації електрообладнання, мінімізації ризиків, пов'язаних з ним, та захисту персоналу від нещасних випадків.

До електрообладнання лінії виробництва яблучного соку відносяться: електродвигуни М1, М2, М3, М4 та нагрівач (АИУ90ЛА2, АІР 100L4, 4АМ160S4, АІР80А2У3, ЕТ-160), шафа керування А2, силовий розподільчий пункт А1, а також внутрішні цехові силові мережі, які живлять перераховане устаткування.

Під час обслуговування зазначеного обладнання:

1. Необхідно забезпечити вільний доступ. Підходи до електроустаткування, шаф керування та силового розподільчого пункту не повинні бути захарашчені сторонніми предметами.

2. Дотримуватись графіку. Огляди, ремонти та профілактичні випробування електрообладнання повинні проводитися згідно з затвердженим графіком.

3. Підключити заземлення та занулення. Металеві частини електрообладнання 380/220 В з глухозаземленим нульовим проводом (корпуси електродвигунів, шаф керування та силового розподільчого пункту), які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені та занулені. Важливо зауважити, що цех виробництва соку відноситься до категорії сирих, магістральна лінія заземлення повинна бути виконана смуговою сталлю (розміром не менш 30×3 мм²) або круглою – діаметром не менш 5 мм.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

4. Забезпечити доступність та захист заземлюючих проводів. Усі надземні з'єднання заземлюючих проводів повинні бути розташовані на видному місці, доступні для огляду та захищені від можливих механічних пошкоджень.

5. На електродвигунах та пов'язаних з ними механізмах повинні бути чітко позначені стрілки, що вказують напрямок обертання.

6. Усі вимикачі в шафі керування та силовому розподільчому пункті повинні мати чіткі написи, які ідентифікують, до яких агрегатів вони відносяться.

7. Металеві трубопроводи, конструкції транспортерів та інших механізмів, до яких можуть доторкатися люди, повинні бути надійно ізольовані від корпусів електрообладнання та нульового проводу електромережі.

8. Вхідні двері в електрощитову повинні бути надійно зачинені для запобігання несанкціонованому доступу.

9. Виводи обмоток електродвигунів М1, М2, зняття яких потребує відкручування гайок або вигвинчування гвинтів, повинні бути захищені огороженнями. Заборонити знімати ці огороження під час роботи електродвигунів. Обертові з'єднання муфт також повинні бути огорожені.

10. Дистанційне керування електродвигунами здійснювати одноосібно черговим персоналом .

11. При від'єднанні від електродвигунів живильного кабелю кінці всіх трьох фаз повинні бути негайно замкнені накоротко та заземлені.

12. В електроустановках (до 1000 В), де проводяться роботи на струмопровідних частинах, напруга повинна бути відключена з усіх боків шляхом вимкнення комутаційних апаратів з ручним приводом. Якщо є запобіжники, їх слід зняти. Після відключення необхідно перевірити відсутність напруги на проводах, що відходять, і встановити заземлення.

13. Для обслуговування електроустановок об'єкта повинні бути передбачені електрозахисні засоби, до яких відносяться (електроустановки до 1000 В):

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		60

а) показчик напруги;

б) слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками для роботи в електроустановках напругою до 1000 В;

в) діелектричні рукавички, калоші, килими, ізолюючі підставки;

г) переносне заземлення;

д) відповідні плакати та знаки безпеки;

е) ізолюючі та вимірювальні кліщі;

14. Забезпечити персонал випробувальними засобами, їх комплектування, зберігання, створення резерву, а також проведення оглядів та випробувань лежить на головному енергетику підприємства.

15. Особи, що одержали засоби захисту в індивідуальне користування повинні відповідати за їхню правильну експлуатацію та своєчасне відбраковування.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

8. ЕКОЛОГІЯ.

Організація виробництва яблучного соку потребує належної уваги до екологічних аспектів діяльності. Основними напрямками екологічного менеджменту в цеху з виробництва яблучного соку є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів, утилізація відходів та дотримання екологічних норм і стандартів [21,22]:

1. Використання ресурсів.

Цех з виробництва яблучного соку має забезпечувати раціональне використання води та електроенергії. Для цього впроваджуються сучасні технології, які дозволяють знижувати споживання ресурсів, а також встановлюються системи моніторингу та обліку споживання.

2. Управління відходами.

У процесі виробництва яблучного соку утворюються різні види відходів, зокрема органічні відходи (шкірки, серцевини яблук), залишки соку та технологічні відходи. Основні заходи щодо управління відходами включають:

- **Компостування:** Органічні відходи, такі як шкірки та серцевини яблук, можуть бути компостовані та використані як добриво для сільськогосподарських потреб.
- **Рециклінг:** Залишки соку можуть бути використані для виробництва кормів для тварин або інших побічних продуктів.
- **Утилізація:** небезпечні відходи підлягають спеціальній утилізації відповідно до чинного законодавства.

3. Забруднення повітря.

Для зменшення викидів в атмосферу використовувати фільтри та системи очищення повітря. Також впровадити заходи щодо зменшення енергоспоживання та використання екологічно чистих джерел енергії.

4. Забруднення водних ресурсів.

Для запобігання забрудненню водних ресурсів виробничі стоки повинні проходити обов'язкове очищення перед скиданням у водні об'єкти.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

Впровадити системи замкнутого водообігу, що дозволить повторно використовувати воду у виробничому процесі.

5. Вплив на ґрунт.

Залишки від виробництва, які не можуть бути перероблені чи утилізовані іншим чином, повинні зберігатись у спеціально відведених місцях, щоб уникнути забруднення ґрунту. Використання компосту з органічних відходів допомагає підвищити родючість ґрунтів.

6. Дотримання екологічних норм.

Цех з виробництва яблучного соку повинен діяти у відповідності до національних та міжнародних екологічних стандартів і норм. Постійний моніторинг та аудит екологічних аспектів виробництва забезпечує своєчасне виявлення та усунення потенційних екологічних ризиків.

7. Навчання персоналу.

Для підвищення екологічної свідомості працівників регулярно проводити тренінги та навчання з питань екологічного менеджменту, правил поводження з відходами, енергоефективності та інших аспектів охорони навколишнього середовища.

Впровадження цих заходів сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля, підвищенню ефективності використання ресурсів та підтриманню екологічної безпеки на всіх етапах виробництва яблучного соку.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

9. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.

Проведення техніко-економічних розрахунків становить невід'ємну частину прийняття рішення щодо впровадження запропонованого рішення, адже їхня мета полягає у визначенні його економічної доцільності. Очікується, що впровадження призведе до скорочення споживання електроенергії, що, в свою чергу, зумовить економію коштів та, зрештою, збільшить прибуток. Досягнення цього стане можливим завдяки автоматизації технологічних процесів та встановленню модернізованого та нового енергообладнання.

Реконструкція системи електрифікації цеху виробництва яблучного соку призведе до:

- Зниження витрат на електроенергію: За рахунок зменшення споживання електроенергії внаслідок впровадження автоматизації та нових технологічних процесів.
- Покращення ефективності роботи: Нове обладнання дозволить підвищити стабільність і надійність роботи технологічних машин, що зменшить простої та аварійні ситуації.
- Зменшення витрат на обслуговування: Завдяки сучасному обладнанню, яке потребує менше витрат на обслуговування та ремонт, порівняно зі старим і зношеним обладнанням.
- Економії ресурсів: Автоматизація процесів дозволить оптимізувати використання ресурсів, що зменшить операційні витрати.

Ще однією перевагою реконструкції системи електрифікації стане можливість використовувати більш енергоефективне обладнання. Це, в свою чергу, призведе до значного скорочення споживання електроенергії, що, ймовірно, зумовить зниження експлуатаційних витрат на 7% [17,18]

В таблиці 9.1. приведено розрахунок капіталовкладень.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

Таблиця 9.1. Фінансове обґрунтування капітальних інвестицій

Найменування	Тип	Одиниця вимірюва ння	К-ть	Вартість	
				За одержуванню	З урахуванням кількості
1	2	3	4	5	6
ВРП	ПР11-3054	шт.	1	6600	6600
Шафа керування	ШУ5000	шт.	1	4200	4200
Щит освітлювальний	ЩО-9Н	шт.	1	625	625
ТЕНи	ЕТ-160	шт.	6	300	1800
Автоматичні вимикачі	ВА47-29	шт.	6	266	1600
	Schneider Easy9	шт.	6	700	4200
Проміжне реле	РП 21- 002УХЛ4	шт.	4	130	520
Магнітні пускачі	ПМЛ-1100	шт.	3	400	1200
	ПМ 2-32-10	шт.	1	590	590
	ПМЛ-2160М	шт.	1	350	350
Кнопкові пости	ХАЛ- D371Н29	шт.	6	230	1380
Датчики	DOL 28RG	шт.	4	2912	11650
	ТР-200	шт.	2	350	700
	MBS 1700	шт.	1	4000	4000
Універсальний перемикач	ПКП-25	шт.	1	320	320
Сигнальна апаратура	AD22-22DS	шт.	6	58	350
Кабель АВРГ	4x2,5	м	25	32	800
	4x10		7	47	329

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КП.06.3.017.ПЗ

Арк.

65

Термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{доd}}{E_p}, \quad (9.2)$$

де $K_{доd}$ - додаткові інвестиції, грн.;

E_p - економія на рік, грн.

$$T_{ок} = \frac{77564}{50400} = 1,5 \text{ років.}$$

Економічний ефект в рік виходить:

$$E = E_p - \kappa_n \cdot K_{доd}, \quad (9.3)$$

де κ_n - коефіцієнт ефективності використання капіталу.

$$E = 50400 - 0,12 \cdot 77564 = 41092 \text{ грн.}$$

Результати аналізу економічної ефективності представлені в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2. Показники економічної ефективності.

Показники	варіант	
	Вихідний	Проектний
Додаткові капітальні вкладення, грн	-	77564
Кількість спожитої електроенергії, тис. кВт·год/рік	120	111,6
Затрати на електроенергію, тис. грн	720	669,5
Річна економія, грн.	-	50400
Річний економічний ефект, грн	-	41092
Термін окупності, рік	-	1,5

Висновок. Впровадження проекту не лише економитиме 50,4 тис. грн. на електроенергії щорічно, але й приносить 41 тис. грн. чистого прибутку протягом року. Термін окупності проекту очікується на рівні 1,5 року, що робить його економічно вигідним та привабливим для інвестування.

ВИСНОВКИ

В даному кваліфікаційному проекті було здійснено реконструкцію системи електрифікації цеху виробництва яблучного соку ФГ «ДЖМЕЛИК» в селі Василівка, Роменського району, Сумської області.

Було проведено детальний аналіз виробничої діяльності господарства, зокрема характеристики об'єкта, кліматичних умов району, господарської діяльності підприємства та стану електрифікації об'єкта. Зроблено висновки та запропоновано необхідні заходи для модернізації системи електрифікації.

Описано технологічні процеси виробництва, характеристики виробничих приміщень з розташуванням електроустановок, а також складено технічні характеристики стандартного технологічного обладнання. Здійснено підбір силового електрообладнання для типового технологічного обладнання та перевірено його потужність з урахуванням режимів роботи, а саме: кабелі марки АВРГ, АВВГ та ВВГнг; автоматичні вимикачі серії ВА47-29 та Schneider Easy9; магнітні пускачі ПМЛ-1100 та ПМ 2-32-10; світильники НСП01, СПП200, НСП22 і т.д; датчики DOL 28RG, TP-200, MBS 1700 та багато іншого.

Важливим етапом проекту стало розроблення схеми автоматизації технологічних процесів, включаючи визначення технологічних вимог, розробку функціональної схеми системи контролю і керування технологічним процесом, а також принципової електричної схеми керування.

Проект передбачав модернізацію силової електропроводки, розробку схеми живлення силового обладнання, підбір кабельної продукції та пускозахисного обладнання. Також висвітлено питання охорони праці, екології, а також техніко-економічному обґрунтуванню проекту.

Запровадження даного проекту призведе до зниження витрат на електроенергію та підвищення економічної ефективності господарства. За підрахунками, економія витрат на електроенергію складе 50,4 тис. грн щорічно, а річний економічний ефект досягне 41 тис. грн. Термін окупності проекту становитиме близько 1,5 року.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. YouControl – сервіс перевірки контрагентів. ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО "ДЖМЕЛИК". [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/39353013/
2. ФГ «ДЖМЕЛИК». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dzhmelyk.com.ua>
3. Електропривід і автоматизація: Навчальний посібник О.Ю.Синявський, П.І Савченко, Ю.М. Лавріненко та ін.; За ред. О.Ю.Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.
4. Agricultural Automation: Fundamentals and Practices - Kindle edition by Zhang, Qin, Pierce, Francis J., CRC Press; 1st edition (April 19, 2016), 411 pages.
5. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко, – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с. ISBN 978-966-350-423-0
6. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут, І.П. Радько, О.Ю. Синявський. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 526 с.
7. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К. : НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.
8. Кабелі та дроти. Каталог продукції. Виробниче об'єднання "Енергокомплект". 2012/2013. - 93 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vikab.by>.
9. Каталог кабельно-провідникової продукції "Electro Cable Group". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ecg.in.ua>.
10. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

11. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).

12. Ugly's Electrical References, 2023 Edition: Miller, Charles R., 2023 – 208с.

13. Каталог електротехнічної продукції / Українська електротехнічна корпо-рація. – Кривий Ріг, 2013. – 154 с.

14. Корякін-Черняк С.Л., Партала О.І., Давиденко Ю.І., Володін В.Я. Електротехнічний довідник – СПб.: Наука та Техніка, 2009 – 464 с.

15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів НПАОП 40.1-1.21-98, «Основа» видання: 2024.– 176 с.

16. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Зі змінами 2017. «Форт», 376с.

17. Кравець О.В. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ / О.В. Кравець, М. І. Стручаєв. – Мелітополь : ТДАТА, 2004. – 15 с.

18. Економіка сільського господарства: навч. посіб. / [Збарський В.К., Бабієнко М.Ф., Кулаєць М.М., Синявська І.М., Хоменко М.П.]; за ред. проф. В.К. Збарського. – К. : Агроосвіта, 2013. – 352 с.

19. В.Ф. Яковлєв, Р.В. Кушлик, С.О. Квітка, Ю.М. Куценко. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення: Навчальний посібник / За заг. ред. проф. Яковлева В.Ф. – Мелітополь, 2010. – 106 с.

20. Основи електроприводу: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.Ю. Синявський, В.В. Савченко; За ред. Ю.М. Лавріненка. -К.: 2010. - 409 с.

21. "Основи екології та охорони навколишнього середовища" - За редакцією В.М. Ягоди, В.О. Мокіна 2015.- 278 с.

22. Яковлєв В. Ф., Барсукова Г. В. Методичні вказівки до виконання розділу «Екологічна експертиза» в випускних роботах здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 2 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Суми: СНАУ, 2021.– 12 с.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						70
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

23. Каталог обладнання компанії ІЕК. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://iek-retail.com.ua/ru/product-category/modulnoe-oborudovanie/avtomaticheskie-vyklyuchateli-va47-29/index.html>

24. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення» для студентів факультету енергетики і автоматики / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин – Київ, НУБіП, 2014 р. – 63 с.

25. Panikuttira, Bhavya & O'Donnell, Colm. (2018). Process Analytical Technology for the Fruit Juice Industry. 10.1016/B978-0-12-802230-6.00040-0.

					<i>КП.06.3.017.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		71