

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 14 » листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Вузькому Володимирі Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності виробництва хлібобулочних виробів
у ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат»

Керівник роботи Лупенко Анатолій Миколайович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «09» листопада 2022 року № 4/7-883

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи План основного виробництва підприємства; характеристика та перелік наявних потужностей основного виробництва; електроживлення виробництва здійснити від існуючих потужностей КТП; однолінійна схема електропостачання підприємства; існуючі схеми живлення електроприймачів; графік роботи – двозмінний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Генеральний план підприємства ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат» 1л. ф – А1

2. Схема силової мережі підприємства 1л. ф – А1

3. Схема однолінійна електричних з'єднань ВРП 1л. ф – А1

4. Схема однолінійна електричних з'єднань РП1 та РП2 1л. ф – А1

5. Схема енергоефективного використання теплової енергії на підприємстві 1л. ф – А1

6. Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.11.2022	
2	Аналітичний розділ	21.11.2022	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	28.11.2022	
4	Проектно-конструкторський розділ	05.12.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	09.12.2022	
6	Висновки	12.12.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки	14.12.2022	
8	Оформлення графічної частини	16.12.2022	

Студент

_____ (підпис)

Вузький В. І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лупенко А. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Вузький В. І. Підвищення ефективності виробництва хлібобулочних виробів у ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат». 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм–61. - Тернопіль : ТНТУ, 2022.

Стор. - 78; рис. - 6; табл. - 16; креслень - 7; джерел - 30; додатків -.

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз технологій підвищення енергоефективності хлібопекарського виробництва методом залучення і використання вторинних енергоресурсів.

Сформульована і досліджена математична модель підвищення енергоефективності типового підприємства з визначенням основних факторів впливу. Побудована апріорна діаграма рангів факторів впливу, для кожного з яких визначені питомі ваги їх впливу на результуючий показник - енергоефективність підприємства.

Проведений розрахунок потужності розподільних пристроїв і силового трансформатора, визначені розрахункові навантаження виробничого обладнання.

Розрахована освітлювальна електромережа підприємства, світильники вибрані з відповідним класом захисту.

Проведений розрахунок і вибір площі перерізу проводів і жил кабелів, на основі чого сформований кабельний журнал.

Прийняте проектне рішення щодо улаштування системи електропостачання підприємства.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, РОЗРАХУНОК, ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	9
1.1 Аналіз проблем вітчизняної хлібопекарської галузі	9
1.2 Аналіз проблем енергетичного забезпечення хлібопекарських підприємств	11
1.3 Технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів у ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат»	14
1.4 Аналіз технологій підвищення енергоефективності хлібопекарського виробництва	15
1.5 Потужності хлібобулочного виробництва і заходи з охорони праці	17
1.6 Оцінка категорій навантажень	19
1.7 Загальна характеристика електропостачання виробництва хлібобулочних виробів	20
1.8 Висновки до розділу	20
2 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Вихідні дані для розрахунку системи електропостачання	22
2.2 Складання схеми електропостачання підприємства	23
2.3 Розрахунок електричних навантажень виробництва	24
2.4 Розрахунок центра електричних навантажень	30
2.5 Розрахунок електричного освітлення	32
2.6 Розрахунок навантаження щитків освітлення	36
2.7 Розрахунок потужності ввідно – розподільчого пристрою	37
2.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора	37
2.9 Розрахунок та вибір установок КРП підприємства	38
2.10 Дослідження резервів використання теплових ВЕР у харчовій	40

промисловості України	
2.11 Підвищення енергоефективності виробництва хлібопродуктів застосуванням вторинних енергоресурсів	42
2.12 Висновки до розділу	48
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	49
3.1 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів	49
3.2 Кабельний журнал	51
3.3 Вибір захисної апаратури електромережі	51
3.4 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора	56
3.5 Дослідження факторів щодо проектних рішень підвищення ефективності виробництва	60
3.6 Висновки до розділу	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
4.1 Метеорологічні чинники середовища хлібопекарського виробництва та їх вплив на організм людини	66
4.2 Вимоги щодо вибухо- і пожежобезпеки при використанні електроустановок	68
4.3 Організація цивільного захисту на об'єктах харчової промисловості	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Актуальність теми. Переоснащення матеріально-технічної бази сучасних підприємств харчової промисловості, в тому числі підприємств хлібопекарської галузі, на електротехнології зумовлює впровадження нових підходів до проектування систем електропостачання як підприємств, так і окремих їх виробництв.

Важливий напрямок в роботі галузі - вишукування внутрішніх резервів, найбільш повне використання виробничих потужностей, наприклад, теплових вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) [8, 11, 26].

Актуальною проблемою є впровадження більш сучасних способів приготування тіста, які дозволять не тільки збільшити продуктивність праці, але й поліпшити якість продукції, підвищити ефективність виробництва внаслідок скорочення тривалості процесу і відповідних витрат. Для комплексної механізації виробництва розроблені і впроваджені потокові лінії, підвищується рівень механізації основного виробництва. Поряд із заходами щодо поліпшення асортименту продовжується робота щодо раціонального використання та зниження нормативів витрати борошна [2, 13, 14].

Очевидно, що реконструкцію та модернізацію слід здійснювати насамперед на тих ділянках технологічного процесу випікання хлібобулочних виробів, де можна очікувати принципово позитивного впливу на споживання теплової й електричної енергії. Одночасно слід досягати істотного підвищення якості як проміжних, так і кінцевого продуктів, а також підвищення економічних параметрів їх виробництва. Важливо також перебудувати ті ланки виробництва кінцевого продукту, які забезпечують його реалізацію на ринку, а це стосується насамперед розширення асортименту хліба, батонів, булочок та випічки й підвищення їх ринкової вартості [10, 14, 15].

Підвищення ефективності систем енергопостачання є одним з пріоритетних завдань енергетичної служби підприємства. Увага до цієї теми зумовлена необхідністю збереження енергоресурсів, виключення їх втрат, зниження аварійних ситуацій на виробництві [28, 30].

Підприємства хлібопекарської промисловості активно модернізують

виробництво з метою підвищення якості продукції та економії паливно–енергетичних, людських і фінансових ресурсів, що дає можливість значно знижувати виробничі витрати. Проектування і будівництво нових, розширення, технологічне переозброєння і реконструкція діючих підприємств хлібопекарської промисловості залишається актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Мета кваліфікаційної роботи полягає в підвищенні енергоефективності системи електропостачання підприємства з технологією хлібопекарського виробництва для зменшення собівартості вироблюваної продукції. В умовах існуючого підприємства заміна застарілого обладнання на сучасне, комплексна електрифікація процесів дозволяє поліпшити надійність системи електропостачання, а використання вторинних енергоресурсів в корисних цілях - зменшити енерговитрати.

Поставлена в кваліфікаційній роботі мета вимагає вирішення таких задач:

- аналіз заходів щодо підвищення енергоефективності та зменшення втрат електроенергії на підприємствах хлібопекарської галузі;
- аналіз математичних моделей підвищення ефективності сучасних високотехнологічних комплексів хлібопекарського виробництва методом використання вторинних енергоресурсів;
- аналіз ефективності схемо–технічних рішень забезпечення електроенергією технологічного обладнання з числовим програмним управлінням виробництва хлібобулочних виробів;
- вибір схеми електропостачання підприємства та розрахунок навантажень електроспоживачів;
- розрахунок силової та освітлювальної електромережі й вибір потужності трансформаторів живлення;
- розрахунок оптимального січення кабельно–провідникової продукції, комутуючих апаратів, максимальних струмів к. з. та вибір відповідного електрообладнання.

Об’єкт дослідження - процес підвищення енергоефективності підприємства з технологією виробництва хлібобулочних виробів й зменшення втрат електроенергії в електромережі.

Предмет дослідження - показники ефективності комплексу заходів

організації й використання вторинних енергоресурсів на виробництві хлібобулочних виробів.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Подальший розвиток отримало застосування методів дослідження електромереж сучасних підприємств з технологією хлібобулочного виробництва.

– Запропонована для подальшого дослідження модель організації виробництва й використання вторинних енергоресурсів на сучасному високотехнологічному підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів.

Використання схемо–технічного рішення системи електропостачання комплексу виробничого обладнання є основою ефективного функціонування підприємства із забезпечення споживачів продукцією високої якості, суттєвого зниження втрат електроенергії.

Апробація. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на XI-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя [14].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (30 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 78 стор., 16 табл., 6 рис.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

1.1 Аналіз проблем вітчизняної хлібопекарської галузі

Фінансовий стан більшості вітчизняних підприємств хлібопекарської промисловості України можна охарактеризувати як незадовільний через скорочення обсягів виробництва продукції, зростання долі збиткових підприємств, відсутність достатнього обсягу фінансового забезпечення, відволікання значних сум оборотних коштів у дебіторську заборгованість, наявність значного морального та фізичного зносу основних засобів [10].

Хлібопекарська промисловість є важливою складовою продовольчого комплексу України, яка виробляє 7,9% продукції харчової промисловості. Згідно з даними табл. 1 спостерігається уповільнення темпів зростання обсягів реалізованої продукції у порівнянні з відповідними показниками підприємств харчової промисловості, від'ємний фінансовий результат діяльності хлібопекарських підприємств [11].

Розвиток ринку хлібобулочних виробів відбувається в основному за рахунок зростання попиту на нетрадиційні та нові сорти хліба з більш складною рецептурою і здобу, в той час як частка споживання т.з. «соціального» хліба досить стабільна протягом кількох років і становить близько 50% [8].

В наш час на ринку хліба та хлібобулочних виробів, 99% якого становить продукція вітчизняного виробництва, працюють великі промислові підприємства (стаціонарні хлібокомбінати та хлібозаводи), підприємства середньої потужності, малі підприємства, міні-пекарні та цехи. При цьому, промислові хлібозаводи згідно офіційної статистики випікають порядка 37% хлібобулочних виробів. Решта продукції - порядка 63% попадає на споживчий ринок поза статистичною звітністю і ця частка щороку збільшується [8].

Таблиця 1 - Динаміка показників розвитку підприємств харчової промисловості України у 2016-2019 рр.

Показник	Виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів				Виробництво хліба, хлібобулочних і борошняних виробів			
	2016р.	2017р.	2018р.	2019р.	2016р.	2017р.	2018р.	2019р.
1. Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн. – темп росту до 2015 р. , %	193055,2 100,0	222387,4 115,1	254459,5 131,7	261764,4 135,5	15113,3 100,0	16638,6 110,3	17031,2 112,6	18135,5 120,4
2. Фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування, млн. грн. – темп росту до 2015 р. , %	4899,1 100,0	4772,3 97,2	10421,4 212,5	8580,7 175,3	286,1 100,0	100,6 35,4	121,4 42,1	167,6 58,8
3. Частка збиткових підприємств, %	39,5	40,3	38,2	37,6	39,89	37,1	39,4	38,3
4. Ступінь зносу основних фондів, %	41,6	42,4	43,5	43,7	46,8	43,6	46,3	44,9

Найбільшу частку у виробництві хлібобулочних виробів займає м. Київ (більше 10% сукупного обсягу виробництва), а також Харківська (більше 10%) і Дніпропетровська (більше 10%) області [10].

Впродовж останніх років природний газ подорожчав майже на 60% для промислових споживачів, а головне - зросли ціни на основну сировину (на пшеничне борошно - в межах (9 ... 20)%, на пшеницю - на (20 ... 25)%). У цих умовах стає актуальною державна підтримка промислових хлібопекарських підприємств [10].

Найбільш гострою проблемою даної галузі є технічне переоснащення, оскільки хлібопекарські печі старої конструкції витрачають на випікання хлібобулочних виробів у (2 ... 3) рази більше палива, ніж печі сучасних конструкцій.

Враховуючи загальний стан та основні тенденції розвитку хлібопекарської промисловості, можна визначити такі шляхи стимулювання розвитку хлібопекарської промисловості як на рівні підприємств, так і на макrorівні [11]:

1. Реорганізація та реструктуризація підприємств шляхом оптимізації виробничої та управлінської структури, створення при хлібозаводах мініпекарень,

оснащених сучасним обладнанням. Це дозволить значно скоротити витрати, оперативно реагувати на зміну вимог споживачів, розширити асортимент і впроваджувати прискорені технології випікання хліба.

2. Розробка і реалізація планів технічного розвитку з метою переоснащення виробничого процесу сучасним обладнанням, підкріпленого відповідним фінансовим забезпеченням.

3. Підвищення якості менеджменту, виявлення резервів зниження витрат, шляхів підвищення ефективності використання наявного потенціалу (потужностей, робочої сили, товарно-матеріальних запасів).

4. Удосконалення маркетингової політики в напрямку освоєння ринків районів області і витіснення конкурентів за рахунок підвищення якості та гнучкої цінової політики, зміцнення власної торгівельної мережі.

Таким чином, стратегічні перспективи хлібопекарської промисловості пов'язані з посиленням її комплексного розвитку, що вимагає поєднання зусиль як підприємницьких структур, так і органів державного регулювання. Це забезпечить розширення асортименту продукції, врахування потреб різних категорій споживачів, зменшення енергоємності та матеріаломісткості продукції, впровадження новітніх технологій.

1.2 Аналіз проблем енергетичного забезпечення хлібопекарських підприємств

1.2.1 Теплопостачання.

Під теплопостачанням хлібозаводів слід розуміти постачання підприємств паром, гарячою водою. На технологічні потреби витрачається як гаряча вода (приготування тіста, підігрів жирів, патоки, приготування заварки та ін.), так і водяна пара (кондиціонування повітря в разстійних шафах, зволоження печей і пекарних камер, сушка напівфабрикатів, тари та ін. процеси з температурою теплоносія вище 100°C. Для технологічних потреб дозволяється застосування пари, придатної для контакту з харчовими продуктами, яку виготовляють парогенератори. Джерелом теплоенергії для опалення є котельні.

1.2.2 Електропостачання.

Електропостачання хлібо заводів здійснюється, як правило, від двох незалежних ліній електропередачі з напругою 6(10) кВ через власну понижувальну трансформаторну підстанцію (ТП).

Електродвигуни, печі електрообігрівні, сушарки, різноманітні електронагрівальні прилади, зарядні агрегати та освітлювальні прилади є основними споживачами електроенергії на підприємствах.

Система електропостачання складається із зовнішнього електропостачання - двох ліній електропередачі від ТП енергосистеми до ТП підприємства; а також внутрішнього електропостачання - розподільні електричні лінії від ТП до розподільчих пунктів (РП) виробничих приміщень. Від них отримують живлення окремі струмоприймачі: електродвигуни, світильники, нагрівачі та ін.

Виробничі та ін. приміщення і відділення обладнують робочим та аварійним освітленням при напрузі 220 В, а також ремонтним - 36 В і 12 В. Виробничі і підсобно-виробничі приміщення, пов'язані з технологічним процесом, повинні бути у захищеному виконанні. Місце розташування розподільного пункту електроенергії (щитової) - перший поверх виробничого корпусу або підвальне приміщення.

При розрахунку електропостачання підсумовують силову потужність і освітлювальне навантаження, після чого здійснюється вибір силових трансформаторів.

Хлібопекарські підприємства щодо надійності електропостачання відносяться до другої категорії. Для них перерва в енергопостачанні пов'язана з простоем виробничого процесу й масовим недовипуском продукції. Виходячи з цього, встановлюють два однотипних трансформатори номінальної потужності з розрахунку 70% від максимального виробничого споживання. Для цього використовують понижувальні трансформатори на напругу 6-10/0,4-0,23кВ потужністю 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600 кВА в ТП.

Приміщення ТП вибирається в окремій будівлі або в одноповерховій частині виробничого корпусу. Для стін використовують вогнестійкі матеріали, загальна площа типової ТП (36 ... 72) м².

1.2.3 Холодопостачання

Споживачами холоду на хлібопекарських підприємствах можуть бути камери та апарати для зберігання швидкопсувної сировини і готових виробів. Якщо на підприємстві витрата холоду невелика, передбачають холодильну шафу, яку розміщують у приміщенні складу сировини.

1.2.4 Водопостачання і каналізування.

Водопостачання хлібопекарських підприємств має бути безперебійним, з двома окремими вводами на кільцеву водопровідну мережу. В якості другого джерела водопостачання можна використати артезіанську свердловину, наявну на території підприємства.

Хлібопекарські підприємства повинні використовувати питну воду на виробничі, господарсько-побутові та ін. потреби згідно санітарного стандарту ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Стічні води хлібопекарських підприємств можуть скидатися в міську (місцеву) каналізаційну мережу без попереднього очищення в кількості (50 ... 65)% від споживаного об'єму води.

1.3 Технологічний процес виготовлення хлібобулочних виробів у ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат»

Борошно на хлібопекарських підприємствах доставляють і зберігають безтарним способом або в мішках. Площа складу повинна бути розрахована на (6 ... 7)–добовий запас борошна.

Дріжджі пресовані і маргарин зберігаються в холодильних камерах. Дріжджі використовуються у вигляді суспензії, яка готується з дріжджів і води у співвідношенні 1:3.

Цукор-пісок зберігається в мішках. Перед використанням його готують у вигляді розчину 50%–ї концентрації, який перекачується у видаткову ємність.

Маргарин перед використанням розтоплюється і поступає у видаткову ємність.

Борошно, що надходить на виробництво, зважується, просіюється в борошнопросіювачах і очищується від феродомішок. Дозатор борошна, яким комплектується просіювач, встановлюється в тістомісильному відділі.

Борошно, просіяне і зважене, надходить в діжі на тістомісильну машину періодичної дії, де змішується з водою, підігрітою електричним бойлером,

Вода питна, що застосовується на виробничі та побутові потреби, повинна відповідати вимогам стандарту ДСанПіН 2.2.4-171-10 (діючий).

Діжа з готовим тістом подається на тісторозкаточну і відділювальну машину типу Rollfix 300W.

Далі технологічні процеси на лінії виробництва хлібопродуктів розділяються:

1. Лінія випічки хліба:

1.1. Тісто порціями надходить на робочий стіл, вкладається в хлібні форми, перекладається в формах на візки і витримується в шафах вистоювання.

1.2. Після вистоювання в шафах тісто в хлібних формах подається в хлібопекарську піч типу ThermoMAX, де випікається згідно технологічного процесу на випічку хліба формового.

1.3. Після випічки хліб виймається з форм, перекладається на лотки і на візках відвозиться на склад готової продукції, де він обліковується, перевантажується на автотранспорт (через стрічковий конвеєр або вручну).

2. Лінія випічки батоноподібних виробів:

2.1. Тісто з тісторозділювача типу Схід-ТД-2 порціями надходить на округлювач, з нього - в шафу попереднього вистоювання, далі - на установку тісторозкаточну типу Rollfix 300W і батоноформуєчу машину, після якої сформовані батони укладаються на візки і витримуються в шафі остаточного вистоювання.

2.2. Із шафи остаточного вистоювання заготовки батонів встановлюються в піч хлібопекарську типу Variant V10/4, де випікаються згідно технологічного процесу на випічку батоноподібних виробів.

2.3. Після випічки батони виймаються з печі, перекладаються на лотки і на візках вивозяться на склад готової продукції, де вони обліковуються, перевантажуються на автотранспорт (через стрічковий конвеєр або вручну).

1.4 Аналіз технологій підвищення енергоефективності хлібопекарського виробництва

Зростання промислового виробництва синхронно пов'язане із збільшенням енергоспоживання, що зумовлює відчутний дефіцит енергетичних ресурсів.

Основні напрямки енергозбереження в харчовій промисловості такі [4]:

- модернізація термічного обладнання, утилізація тепла відхідних газів;
- зниження витрат на теплопостачання будівель і споруд, вентиляцію, освітлення, пальне, теплопостачання.

У вентиляційних системах утилізація теплової енергії забезпечується за рахунок рециркуляції внутрішнього повітря або застосування теплообмінників–теплоперетворювачів, в якості яких застосовуються теплообмінники рекуперативні, регенеративні, а також теплові труби.

Найбільшу економію теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря можна отримати при використанні високотемпературної скидної теплоти від печей, сушарок, теплових агрегатів, систем охолодження технологічного обладнання. У системах вентиляції навіть при порівняно низькій температурі повітря, що видаляється, теплообмінні пристрої мають строк окупності (2 ... 3) роки.

Підприємства харчової промисловості є великими споживачами паливно–енергетичних ресурсів (ПЕР). Тому проблема економії теплової та електричної енергії в харчовій промисловості стоїть дуже гостро. Найбільш енергоємними є виробництва: цукрове, масложирове, спиртове, хлібопекарське та ін.

Джерела вторинних енергоресурсів (ВЕР) існують в кожній галузі харчової промисловості. Вони мають різний якісний (температурний рівень, властивості теплоносія) і кількісний склад. У хлібопекарському, кондитерському і крохмально–паточному виробництвах елементами ВЕР є теплота конденсатів, вторинної пари вакуум–апаратів, продуктів виробництва, відведених газів печей, сушарок та котельні [15].

Досить вигідне використання теплоти продуктів згоряння природного газу. Це можна побачити на прикладі хлібопекарського виробництва. За кількістю

палива, що спалюється в топках печей, хлібопекарське виробництво займає провідне місце в харчовій промисловості. У середньому для випічки 1 т хліба необхідно (50 ... 65) кг умовного палива. З цієї кількості палива корисно використовується тільки (30 ... 32)%. З продуктами згорання в атмосферу вноситься від 30% до 60% всієї теплоти.

Відхідні гази в печах з нагрівальними трубами мають температуру від 500 до 700°C, хоча тепловий режим пекарної камери вимагає температуру продуктів згорання 350°C. Перед подачею повітря в топку печі відхідні розжарені гази можуть бути використані для його нагрівання, що поряд з економією палива покращує умови горіння. Підвищення температури підігрітого повітря на 1°C зумовлює таке ж зниження температури димових газів [15].

При високій температурі відхідних газів (вище 350°C) їх послідовно (ступенево) використовують для нагріву води (до 80°C); температура газів знижується до 350 °C, а потім - для підігріву повітря, де температура їх знижується до 200°C. Надалі відхідні гази можна використовувати в контактному теплообміннику для нагріву води. Таке глибоке охолодження відхідних газів дозволить різко підвищити коефіцієнт використання теплоти палива.

Одним з перспективних напрямків використання вторинних енергетичних ресурсів є опалення тепличних господарств підприємств харчової промисловості. Для теплиць, розташовуваних на території промислових підприємств, можуть бути використані відхідні гази від технологічного обладнання (нагрівальних печей, сушарок та ін.) і котельних агрегатів, а також гаряча вода або пара від технологічного обладнання. Гарячу воду, що має високу температуру, використовують у традиційних системах водяного опалення теплиць, низькотемпературну воду - в контактних апаратах для нагріву і зволоження повітря, що подається в теплицю [15].

1.5 Потужності хлібобулочного виробництва і заходи з охорони праці

На листі *Схема розміщення потужностей* подана схема їх розміщення та схема силової електромережі виробництва хлібобулочних виробів.

В приміщенні основного виробництва - цеху приготування та випічки

знаходиться обладнання для виробництва хлібопродуктів, а саме:

– просіювач борошна типу ПМ-900М (поз. 1): призначений для відділення борошна вологістю не більше 15% від сторонніх предметів, а також його розпушування та аерації. Відділення феромагнітних домішок відбувається за допомогою магнітних уловлювачів;

- машина тістовідділювальна типу ТД-2 (поз. 3): призначена для розділення тіста на заготовки однакової маси;

- тістоокруглювач типу ТО-2 (поз. 4): призначений для створення однорідної структури заготовок і часткового видалення диоксиду вуглецю, закладення поверхневих пір і надання тістовим заготовкам кулястої форми;

– шафа для попереднього вистоювання типу “Бриз-плюс” (поз. 5.1): призначена для механізації процесу попереднього вистоювання тістових заготовок хлібобулочних виробів безпосередньо після їх округлення перед операцією остаточного формування. Під час попереднього вистоювання після механічного впливу на тісто в процесі розподілу і округлення заготовки перебувають у стані спокою, при цьому:

- знімаються внутрішні механічні напруги;

- частково відновлюється структура каркасу клейковини тіста;

- поліпшується структура поверхні тістових заготовок.

Відповідно:

- поліпшується структура і характер пористості м'якушки;

- збільшується об'єм готових виробів;

– шафа для вистоювання типу К-STOP/P4 (поз.5.2; 5.3): призначена для вистоювання тістових заготовок, де забезпечується процес бродіння тіста;

– машина пакувальна типу РТ-УМ-ГШ-С (поз.10): призначена для автоматичної упаковки в тришовні пакети типу "flow pack", формованих з рулонних термозварювальних матеріалів товщиною до 80 мкм, штучних виробів;

– циклотермічна ярусна піч типу Variant 10/4 (поз.8): призначена для випікання житнього хліба, виробів з м'якого тіста і білих пшеничних хлібопродуктів;

– термічна піч типу ThermoMAX (поз.7): призначена для випікання житнього хліба, виробів з м'якого тіста і білих пшеничних хлібопродуктів, хліб

випікається на спеціальних візках;

– тістозмішувач планетарного типу Rollmatic Bull 80 (поз.2): призначений для перемішування тіста;

– лінія автоматизована “Euroline” (поз.9): призначена для виробництва булочно-кондитерських виробів в автоматичному або напівавтоматичному режимі;

– установка максимального використання відхідних газів (каталізатор випаровувань) “EcoBlok Bypass” (поз.14): призначена для комплексного використання і перетворення енергії, що відходить, в опалювальних та охолоджувальних цілях, підігріву води для технологічних та господарських потреб.

Для підтримання заходів з охорони праці підлога на дільницях основного виробництва періодично очищається методом вологого прибирання від борошняного осаду. Робочі місця з шкідливими викидами (дільниця заквасок) обладнуються місцевими витяжними вводами, об'єднаними в єдину витяжну систему з кнопками управління повітровитоком.

Робочі місця, які потребують місцевого освітлення, обладнують відповідними світильниками.

Виробниче обладнання повинно бути заземленим.

1.6 Оцінка категорій навантажень

Технологічний процес випікання хлібобулочних виробів із застосуванням газових печей тунельного типу, пальники яких керуються пристроями автоматики, а також електричні парогенераторні установки, розстоювальні шафи для витримки тістових заготовок вимагають стабільності і безперервності технологічного процесу, а тому виробниче обладнання відносять до II-ї категорії споживачів електроенергії [23].

Для хлібобулочного виробництва, де переважно встановлені споживачі II-ї категорії надійності електропостачання, категорія виробничих процесів щодо пожежо - вибухонебезпечності внаслідок застосування дрібного дисперсного борошна належить до класу «Д».

Схема силової мережі виконується кабельним вводом від двох трансформаторів ПС до РП з автоматичними вимикачами на вході і на відхідних лініях. Розподілення електроенергії 0,4 кВ здійснюють від РП за допомогою окремих ліній до кожного окремого електроприймача.

1.7 Загальна характеристика електропостачання виробництва хлібобулочних виробів

Електрична енергія на підприємстві подається до електродвигунів виробничого устаткування, насосів, вентиляторів, електричного освітлення ділянок виробництва.

Електропостачання здійснюється силовим кабелем від вбудованої двотрансформаторної ПС 10/0,4 кВ потужністю 250 *кВ·А* «Хлібозавод». Джерелами електропостачання підприємства є комплектна ПС 110/35/10 кВ «Чернівецька» потужністю 4000 *кВ·А*, а також комплектна ПС 35/10 кВ «Новоселиця» потужністю 1000 *кВ·А*. Загальна встановлена потужність електроприймачів основного й допоміжного обладнання хлібобулочного виробництва становить 80 *кВт*.

Обслуговування електроприймачів та електрообладнання системи електропостачання виробництва здійснюється енергетичною службою підприємства. Керівником служби є інженер–енергетик, в підпорядкуванні якого знаходяться електрик та електрослюсар.

За ступенем надійності електропостачання електроспоживачі виробничих ділянок хлібопекарського виробництва належать до II категорії, допоміжних ділянок - до III категорії, пожежні насоси та інші протипожежні електроприймачі - до I категорії.

1.8 Висновки до розділу

1. Проаналізована інвестиційна привабливість хлібопекарської галузі харчової промисловості, яка має високий рівень оборотності капіталу, стабільний попит на продукцію.

2. Проаналізовані причини економічного падіння великих хлібокомбінатів, які не витримують конкуренцію на ринку, згортають інвестиційну діяльність щодо модернізації та оновлення обладнання.

3. Проведений аналіз і визначені шляхи стимулювання розвитку хлібопекарської промисловості як на рівні підприємств, так і на галузевому рівні.

4. Проведений аналіз проблем енергетичного забезпечення хлібопекарських підприємств й технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів.

5. Проведений аналіз технологій підвищення енергоефективності хлібопекарського виробництва методом залучення і використання вторинних енергоресурсів.

6. Наведений перелік і охарактеризовані потужності хлібобулочного виробництва, а також заходи з охорони праці.

7. Проведена оцінка категорій навантажень основного виробництва, а також подана загальна характеристика його електропостачання.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані для розрахунку системи електропостачання

Згідно вихідних даних, наведених в розділі 1, приміщення основного виробництва хлібокомбінату складається з таких структурних підрозділів:

- цех приготування та випічки;
- формувальний цех;
- кондитерський цех;
- склад борошна;
- склад готової продукції;
- приміщення для миття обігової тари;
- склад добового запасу сировини;
- кімната майстра та куток прийому їжі.

Основними споживачами електричної енергії є електроприводи технологічного устаткування, розетки та освітлювальна мережа.

На дільницях підприємства в технологічному обладнанні встановлено *12 одиниць* регульованих і нерегульованих електроприводів на основі асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, активна номінальна потужність яких становить орієнтовно *30 кВт*. Споживана реактивна потужність буде розрахована нижче.

Витрати на активну потужність загального освітлення виробничих приміщень хлібокомбінату будуть розраховані у відповідності зі схемою освітлювальної мережі.

В табл. 2.1 наведений перелік потужностей хлібокомбінату з величинами номінальної потужності кожного електроприймача.

Таблиця 2.1 - Перелік номінали потужностей виробництва

№ з/п	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	cos φ
1.	ПМ-900М	Просіювач борошна	1,8	0,8
2.	ПМ-900М	Просіювач борошна	1,8	0,8
3.	ТД-2	Тістовідділювач	1,44	0,7
4.	Bull-80	Тістозмішувач	4,5	0,7
5.	Bull-80	Тістозмішувач	4,5	0,7
6.	ТО-2	Тістоокруглювач	2,3	0,7
7.	Бриз-плюс	Шафа розстійна	1,25	0,8
8.	К-STOP/P4	Шафа розстійна	7,0	0,8
9.	К-STOP/P4	Шафа розстійна	7,0	0,8
10.	Rollfix 300W	Тісторозкаточна машина	1,1	0,8
11.	ThermoMAX	Піч термомалярна	3,0	0,7
12.	ThermoMAX	Піч термомалярна	3,0	0,7
13.	Variant V10/4	Піч циклотермічна ярусна	2,5	0,7
14.	Euroline	Лінія виробництва б/конд. виробів	4,0	0,6
15.	РТ-УМ-ГШ ПС	Машина пакувальна	2,1	0,7
16.	Polair KHN-4,41	Холодильна камера	1,2	0,7
17.	ША "Tesli"	Шафа автоматизації	0,02	0,7
18.	Standart SU-10	Установка вентиляційна	3,0	0,8
19.	ЕкоBlok II	Установка максимального використання	0,95	0,7
Всього:			52,46	–

2.2 Складання схеми електропостачання підприємства

На плані виробництва з виготовлення хлібобулочних виробів (див. лист *Схема розміщення потужностей. Силова мережа*) відмічаємо місця розташування обладнання. Електричне живлення підприємства буде здійснюватись кабелем, прокладеним від ЗТП-403 «Хлібзавод» до ввідно-розподільчого пристрою (ВРП) підприємства вздовж стін на кабельних полицях. Електроприймачі виробничих дільниць підприємства будуть заживлені від розподільчих пристроїв проводами, прокладеними у трубах. З ВРП електроенергія буде поступати на два розподільчі пристрої (РП1, РП2) та три щитки освітлення (ЩО1, ЩО2, ЩО3), з яких будуть заживлені освітлювальні прилади, освітлення зовнішньої території, а також група розеток для під'єднання силового устаткування невеликої потужності.

2.3 Розрахунок електричних навантажень виробництва

В табл. 2.2 подані основні дані для розрахунку електричних навантажень електроприймачів.

Таблиця 2.2 – Номінальні струми електроприймачів

№ на плані	Назва виробничого обладнання	Встановлена потужн. одиниці обладн. P_n , кВт	Кількість обладнання п, один.	Сумарна потужн. $P_{\text{сум}}$, кВт	Коеф. використ. k_b	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	Сума квадратів встановленої потужн. кВт $P_n^2 \cdot n$, кВт	Номін. струм I_n , А
1.1; 1.2	Просіювач борошна	1,8	2	3,6	0,7	0,8	0,75	6,48	3,42
2.1; 2.2	Тістозмішувач	4,5	2	9,0	0,7	0,7	1,02	40,5	9,76
3	Тістовідділювач	1,44	1	1,44	0,65	0,7	1,02	2,07	3,16
4	Тістоокруглювач	2,3	1	2,3	0,65	0,7	1,02	5,29	5,0
5.1	Шафа попереднього вистоювання	1,25	1	1,25	0,65	0,8	0,75	1,56	2,37
5.2; 5.3	Шафа розстійна	7,0	2	14,0	0,75	0,8	0,75	98	13,3
6	Тісторозкаточна машина	1,1	1	1,1	0,75	0,8	0,75	1,21	2,09
7.1; 7.2	Термомасляна піч	3,0	2	6,0	0,75	0,7	1,02	18	6,51
8	Циклотермічна ярусан піч	2,5	1	2,5	0,75	0,7	1,02	6,25	5,47
9	Лінія для виробн. б/конд. виробів	4,0	1	4,0	0,85	0,6	1,33	16	10,13
10	Машина пакувальна	2,1	1	2,1	0,65	0,7	1,02	4,41	4,56
11	Холодильна камера	1,2	1	1,2	0,85	0,7	1,02	1,44	2,6
12	Шафа автоматизації	0,02	1	0,02	0,55	0,7	1,02	0,0004	0,043
13	Установка вентиляційна	3,0	1	3,0	0,65	0,8	0,75	9	5,7
14	Устан. максимального використ.	0,95	1	0,95	0,65	0,7	1,02	0,9	2,06
	ВСЬОГО		19	52,46				211,1	

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_g = \frac{\sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot k_{ei}}{\sum_{i=1}^{19} p_{ni}};$$

$$K_g = \frac{3,6 \cdot 0,7 + 9 \cdot 0,7 + 1,44 \cdot 0,65 + 2,3 \cdot 0,65 + 1,25 \cdot 0,65 + 14 \cdot 0,75 + 1,1 \cdot 0,75 + 6 \cdot 0,75 + 2,5 \cdot 0,75 + 4 \cdot 0,85}{52,46}$$

$$\frac{2,1 \cdot 0,65 + 1,2 \cdot 0,85 + 0,02 \cdot 0,55 + 3 \cdot 0,65 + 0,95 \cdot 0,65}{52,46} = \frac{37,427}{52,46} = 0,71$$

Середня активна потужність навантаження виробництва:

$$P_c = K_g \cdot \sum_{i=1}^{19} p_{ni}; \quad P_c = 0,71 \cdot 53,45 = 37,14 \text{ кВт.}$$

Ефективна кількість електроприймачів n_e для даного виробництва:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^{19} p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^{19} p_{ni}^2}; \quad n_e = \frac{(53,46)^2}{209,1} \approx 14$$

З [17] при $n_e=19$ і $K_g=0,71$ коефіцієнт максимуму, який становить $K_{\text{max}}=1,11$ (K_{max} – коефіцієнт максимуму активної потужності, який залежить від групового коефіцієнту використання K_g і ефективної кількості електроприймачів).

Середній коефіцієнт реактивної потужності $tg\varphi_c$:

$$tg\varphi_c = \frac{\sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei} \cdot tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei}};$$

$$\sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei} \cdot tg\varphi_i = 1,9 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,74 + 4,4 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,74 + \dots + 0,94 \cdot 0,66 \cdot 1,01 = 33,26 \text{ кВт};$$

$$tg\varphi_c = \frac{34,26}{37,25} = 0,92.$$

Активна розрахункова потужність виробництва:

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = K_{\epsilon} \cdot \sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot K_{\max}; \quad P_p = 0,72 \cdot 52,44 \cdot 1,12 = 41,23 \text{ кВт}.$$

Реактивна розрахункова потужність:

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot k_{ei} \cdot tg\varphi_i;$$

$$Q_p = 1,12 \cdot 34,21 = 38,09 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{41,34^2 + 38,03^2} = 56,17 \text{ кВА}.$$

Аналогічно проведемо розрахунок потужності розподільчого пристрою РПІ:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{ni} \cdot k_{ei}}{\sum_{i=1}^9 p_{ni}};$$

$$K_B = \frac{(1,44 + 2,3 + 1,25 + 2,1) \cdot 0,65 + (14 + 1,1) \cdot 0,75 + (4 + 1,2) \cdot 0,85}{27,39} = \frac{20,35}{27,39} = 0,74$$

$$P_c = K_B \cdot \sum_{i=1}^9 p_{ni} = 0,74 \cdot 27,39 = 20,27 \text{ кВт}.$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^9 p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^9 p_{ni}^2} = \frac{(27,39)^2}{129,98} = 5,77 \approx 6.$$

З графіка [17] при $n_e=9$ і $K_u=0,74$ - $K_{\max}=1,14$.

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = 20,27 \cdot 1,14 = 23,11 \text{ кВт}.$$

	пакувальна															
11	Холодильна камера	1	1,2	1,2	0,85	0,7	1,02									
	Всього	12		27,39				0,74	20,27	9	1,14	23,11	21,13	31,31	47,57	47,25

Проведемо розрахунок потужності розподільчого пристрою РП2.

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot k_{ei}}{\sum_{i=1}^{10} p_{ni}};$$

$$K_B = \frac{(3,6+9) \cdot 0,7 + (6+2,5) \cdot 0,75 + 0,02 \cdot 0,55 + (3+0,95) \cdot 0,65}{25,07} = \frac{17,77}{25,07} = 0,71$$

$$P_c = K_B \cdot \sum_{i=1}^{10} p_{ni} = 0,71 \cdot 25,07 = 17,8 \text{ кВт.}$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^{10} p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^{10} p_{ni}^2} = \frac{(25,07)^2}{81,13} = 7,75 \approx 8.$$

З графіка [17] при $n_e=8$ і $K_u=0,71$ визначаємо $K_{\max}=1,19$.

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = 17,8 \cdot 1,19 = 21,18 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot k_{ei} \cdot \text{tg} \varphi_i = 1,19 \cdot (2,52 \cdot 0,75 + 6,3 \cdot 0,75 + 4,5 \cdot 1,02 + 1,875 \cdot 1,02 + 0,011 \cdot 1,02 + 1,95 \cdot 1,02 + 0,6175 \cdot 1,02) = 18,74 \text{ кВАр.}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{21,18^2 + 18,74^2} = 28,28 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_C = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei} \cdot \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei}};$$

$$\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei} \cdot \cos \varphi_i = 1,8 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 0,8 + 4,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 0,7 + \dots + 0,95 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,7 = 14,9 \text{ кВт.}$$

$$\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot n_i \cdot k_{ei} = 1,8 \cdot 2 \cdot 0,7 + 4,5 \cdot 2 \cdot 0,7 + \dots + 0,95 \cdot 1 \cdot 0,65 = 17,77$$

$$\cos \varphi_C = \frac{14,9}{17,77} = 0,84$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{28,28 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 42,96 \text{ А}$$

Продовження таблиці 2.4

12	Шафа автоматизації	1	0,02	0,02	0,55	0,7	1,02									
13	Установка вентиляційна	1	3,0	3,0	0,65	0,7	1,02									
14	Установка максимального використання	1	0,95	0,95	0,65	0,7	1,02									
	Всього	10		25,07				0,71	17,8	10	1,19	21,8	18,74	28,28	42,96	38,31

Для прикладу покажемо розрахунок навантажень деяких одиниць обладнання – електроприймачів (ЕП).

Електроприймачі: ЕП 1.1 Просіювач борошна ПМ-900М (380 В; 50 Гц; 1,80 кВт):

Активна розрахункова потужність:

$$P_{P1.1} = k \cdot P_{H1.1} = 0,75 \cdot 1,8 = 1,35 \text{ кВт},$$

де прийнято коефіцієнт $k = 0,75$.

Реактивна розрахункова потужність ($\cos\varphi_{1.1} = 0,80$):

$$Q_{P1.1} = P_{P1.1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{1.1} = 1,35 \cdot 0,75 = 1,01 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_{P3.4} = \sqrt{P_{P1.1}^2 + Q_{P1.1}^2} = \sqrt{1,35^2 + 1,01^2} = 1,72 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_{P1.1} = \frac{S_{P1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1}} = \frac{1,91 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2,9 \text{ А}.$$

Номінальний струм:

$$I_{H1.1} = \frac{P_{H1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1} \cdot \cos\varphi} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84} = 3,41 \text{ А}.$$

Аналогічно визначаємо розрахункові навантаження для всіх інших одиниць електрообладнання.

Розраховані потужності електроприймачів підприємства зведені у табл. 2.2.

2.4 Розрахунок центра електричних навантажень

Для визначення розташування розподільчих пунктів подачі електроенергії

споживачам визначається їх центр електричних навантажень ($x_0; y_0$). При проведенні реконструкції системи електропостачання, розміщення виробничого устаткування для відповідності з технологічним процесом враховуємо, що таких розподільчих пунктів необхідно два, від яких згідно радіальної схеми будуть заживлені електроприймачі виробництва.

Для розрахунку використовуємо дані табл. 2.5 і 2.6, в яких подано місцезнаходження згідно плану розміщення потужностей виробництва в координатах x - y . Точка з координатою $x=0; y=0$ знаходиться в лівому куті приміщення основного корпусу (Г-1).

Таблиця 2.5 – Планування потужностей РП1

№ на плані	Назва виробничого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання $P_n, кВт$	Координата $x_i, м$	Координата $y_i, м$	$P_{нi} \cdot x_i$	$P_{нi} \cdot y_i$
3	Гістовідділювач	1,44	19	10	27,36	14,4
4	Гістоокруглювач	2,3	17,5	10	40,5	23
5.1	Шафа попереднього вистоювання	1,25	16,5	9	20,625	11,25
5.2	Шафа розстійна	7,0	11,5	9	80,5	63
5.3	Шафа розстійна	7,0	9	9	63	63
6	Гісторозкаточна машина	1,1	14	10	15,4	11
9	Лінія для виробн. б/конд. виробів	4,0	24	4	96	16
10	Машина пакувальна	2,1	7,5	9,5	15,75	19,95
11	Холодильна камера	1,2	9,5	5	11,4	6
-	ВСЬОГО	27,39	-	-	370,535	227,6

Таблиця 2.6 – Планування потужностей РП2

№ на плані	Назва виробничого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання $P_n, кВт$	Координата $x_i, м$	Координата $y_i, м$	$P_{нi} \cdot x_i$	$P_{нi} \cdot y_i$
1.1	Просіювач борошна	1,8	21	16	37,8	28,8
1.2	Просіювач борошна	1,8	21	13,5	37,8	24,3
2.1	Гістозмішувач	4,5	18	15,5	81	69,75

Продовження таблиці 2.6

2.2	Гістозмішувач	4,5	18	13,5	81	60,75
7.1	Термомасляна піч	3,0	12	15	36	45
7.2	Термомасляна піч	3,0	9,5	15	28,5	45
8	Циклотермічна ярусан піч	2,5	6	15,5	15	38,75
12	Шафа автоматизації	0,02	4,5	12	0,09	0,24
13	Установка вентиляційна	3,0	13,5	18	40,5	54
14	Устан. максимального використ.	0,95	17	16,5	16,15	15,675
-	ВСЬОГО	25,07	-	-	373,84	382,265

Координати центра електричних навантажень РП1:

$$x_{0РП1} = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{ni} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^9 p_{ni}}; x_{0РП1} = \frac{370,535}{25,07} = 13,53 \text{ м};$$

$$y_{0РП1} = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{ni} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^9 p_{ni}}; y_{0РП1} = \frac{382,265}{25,07} = 15,25 \text{ м}.$$

Координати центра електричних навантажень РП2:

$$x_{0РП2} = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_{ni} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{10} p_{ni}}; x_{0РП2} = \frac{373,84}{25,07} = 14,91 \text{ м};$$

$$y_{0РП2} = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{ni} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^9 p_{ni}}; y_{0РП2} = \frac{227,6}{27,39} = 8,31 \text{ м}.$$

Отримані координати центрів навантажень $(x_0; y_0)$ з врахуванням масштабу переносимо на креслення. По осі y координату центра навантажень РП1 переміщаємо на 2 м у бік зменшення до стіни, а координату центра навантажень РП2 переміщаємо на 2,5 м у бік збільшення до стіни.

2.5 Розрахунок електричного освітлення

Задачею розрахунку освітлення є визначення потрібної потужності, кількості та типу ламп та світильників, їх розподіл у приміщеннях.

Для загального освітлення використовуємо світильники з лампами ДРЛ (лампи високого тиску з парами ртуті). Застосуємо світильники типу РСП11ВЕх-250-411 – вибухозахищені з рівнем захисту IP65/1ExdellCT6. Також для освітлення допоміжних приміщень застосуємо світлодіодні світильники типу ДСП45У.

Розташування світильників визначається розмірами приміщення (див. лист *Освітлювальна мережа*); віддалю св-ка від перекриття $h_c = 1$ м; висотою над підлогою $h_{п} = 6$ м; висотою розрах. поверхні над підлогою $h_p = 1$ м; розрах. висотою $h = h_{п} - h_p = 5$ м.

Освітленість для окремих приміщень (згідно [16, 24]) та інші дані наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Планування освітлення згідно приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Ширина приміщення B , м	Довжина приміщення l , м	Площа, m^2	Необхідна освітленість E , лк	Тип застосовуваних ламп
1	Цех приготування та випічки	12	20	240	300	ДРЛ250(14)-4
2	Формувальний цех	6	10	60	300	ДРЛ250(14)-4
3	Кондитерський цех	6	8	48	300	ДРЛ250(14)-4
4	Кімната майстра	4	6,5	26	200	ST8-НА5-330-865
5	Куток прийому їжі	4	5	20	200	ST8-НА5-330-865
6	Приміщення для миття обігової тари	3,5	4	14	150	ST8-НА5-330-865
7	Склад борошна	6,5	6	39	100	ДРЛ250(14)-4
8	Склад добового запасу сировини	3	4	12	100	ST8-НА5-330-865
9	Склад готової продукції	6	12	72	100	ST8-НА5-330-865

Коефіцієнт запасу для всіх приміщень $K_3=1,5$.

Розрахуємо освітлення для цеху приготування та випічки.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{B \cdot l_1}{h(B + l_1)}; \quad i_n = \frac{12 \cdot 20}{5 \cdot (12 + 20)} = 1,5.$$

Оцінюємо коефіцієнти відбивання поверхонь приміщення величинами [24]: $\rho_c = 70\%$ - для стелі; $\rho_{ст} = 50\%$ - для стін; $\rho_{п} = 10\%$ - для підлоги. Згідно [24] даний тип

світильника має КСС типу Д. Тоді коефіцієнт використання світильника $\eta_l = 0,69$.
 В світильнику РСП11ВEx-250-411 застосована лампа типу ДРЛ250(14)-4 з
 технічними даними: $P_n = 250$ Вт; $\cos\varphi = 0,91$; $\operatorname{tg}\varphi = 0,46$; $\Phi_l = 13500$ Лм; $K_u = 0,9$.
 Тоді для освітленості $E_1 = 300$ лк необхідна кількість світильників:

$$n = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}, \quad n = \frac{300 \cdot 1,45 \cdot 242 \cdot 1,14}{0,68 \cdot 13450} \approx 14.$$

Тут z – поправка на мінімальну освітленість; у нашому випадку для
 світильників дугового розряду $z = 1,14$ ([24]);

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

При кількості світильників $n = 8$ світловий потік лампи становитиме:

$$\Phi_l = \frac{E \cdot K_3 \cdot S_n \cdot z}{\eta \cdot n}; \quad \Phi_l = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 242 \cdot 1,14}{0,68 \cdot 13} = 12740 \text{ лм.}$$

Відхилення світлового потоку:

$$\delta = \frac{13500 - 12740}{13500} \cdot 100\% = 4,68\%.$$

Відносне відхилення лежить в допустимих межах $\delta = (-10 \dots +20)\%$.

Номинальна потужність усіх ламп у даному приміщенні:

$$P_n = n \cdot P = 14 \cdot 0,25 = 3,5 \text{ кВт.}$$

Активна розрахункова потужність:

$$P_p = k \cdot P_n = 0,74 \cdot 3,6 = 2,636 \text{ кВт,}$$

де коефіцієнт $k = 0,75$.

Реактивна розрахункова потужність ($\cos\varphi_4 = 0,91$):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 2,623 \cdot 0,44 = 1,203 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{2,636^2 + 1,203^2} = 2,91 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2,91 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 7,61 \text{ А.}$$

Номинальний струм:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,75} = 12,25 \text{ А.}$$

Розрахуємо освітлення для складу готової продукції.

Індекс приміщення:

$$i_n = \frac{B \cdot l_1}{h(B + l_1)}; \quad i_n = \frac{6 \cdot 12}{5 \cdot (6 + 12)} = 2,05 \approx 2.$$

Коефіцієнти відбивання поверхонь [24]: $\rho_C = 70\%$; $\rho_{CT} = 50\%$; $\rho_{II} = 10\%$.

Коефіцієнт використання світильника $\eta_I = 0,75$.

Вибираємо світильник типу ДСП45У з світлодіодними лампами типу ST8-НА5-330-865 (2шт.) з технічними даними: $P_n = 30$ Вт; $\cos\varphi = 0,75$; $\operatorname{tg}\varphi = 0,88$; $\Phi_I = 3300$ Лм; $K_u = 0,9$.

Світловий потік дволампового світильника:

$$\Phi_C = 2 \cdot 3300 = 6600 \text{ Лм.}$$

При освітленості $E_I = 100$ лк необхідна кількість світильників:

$$n = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}, \quad n = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 72 \cdot 1,15}{0,75 \cdot 6600} \approx 3.$$

Світловий потік лампи:

$$\Phi_n = \frac{E \cdot K_3 \cdot S_n \cdot z}{\eta \cdot n}; \quad \Phi_n = \frac{100 \cdot 1,4 \cdot 72 \cdot 1,16}{0,75 \cdot 3} = 5580 \text{ лм.}$$

Відхилення світлового потоку для вибраних ламп:

$$\delta = \frac{6600 - 5580}{6600} \cdot 100\% = 17\%; \quad \delta = (-10 \dots +20)\%.$$

Номинальна потужність усіх ламп у даному приміщенні:

$$P_n = n \cdot P = 3 \cdot 0,03 = 0,09 \text{ кВт.}$$

Активна розрахункова потужність:

$$P_p = k \cdot P_n = 0,75 \cdot 0,09 = 0,0675 \text{ кВт.}$$

Реактивна розрахункова потужність ($\cos\varphi_4 = 0,75$):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,0675 \cdot 0,88 = 0,0594 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{0,0675^2 + 0,0594^2} = 0,09 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{0,09 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,24 \text{ А.}$$

Номинальний струм:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{0,15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,75} = 0,52 \text{ A}.$$

Таким же способом розрахуємо освітлення для інших виробничих приміщень, дані заносимо в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведені дані щодо освітлення приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Необхідна освітленість E, лк	Тип застосовуваних ламп	Кільк. світильників, шт	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А	I_n , А
1	Цех приготування та випічки	300	ДРЛ250(14)-4	14	2,625	1,207	2,89	7,58	12,25
2	Формувальний цех	300	ДРЛ250(14)-4	3	0,563	0,26	0,62	1,68	2,19
3	Кондитерський цех	300	ДРЛ250(14)-4	3	0,563	0,26	0,62	1,68	2,19
4	Кімната майстра	200	ST8-НА5-330-865	3	0,0675	0,051	0,085	0,22	0,31
5	Куток прийому їжі	200	ST8-НА5-330-865	2	0,045	0,034	0,06	0,15	0,21
6	Приміщення для миття обігової тари	150	ST8-НА5-330-865	1	0,0225	0,017	0,03	0,08	0,105
7	Склад борошна	100	ДРЛ250(14)-4	2	0,375	0,173	0,413	1,08	1,46
8	Склад добового запасу сировини	100	ST8-НА5-330-865	1	0,0225	0,017	0,03	0,08	0,105
9	Склад готової продукції	100	ST8-НА5-330-865	3	0,0675	0,0594	0,09	0,24	0,52
10	Зовнішнє освітлення	-	ДРЛ125(6)	8	0,75	0,66	1,0	2,62	2,98
11	Аварійне освітлення	30	ДПП06У	14	0,084	0,074	0,112	0,24	0,39
	ВСЬОГО				5,164	2,812	5,95	15,65	22,71

Для аварійного освітлення використовуються світильники типу ДПП06У з технічними даними: $P_n = 8 \text{ Вт}$; $\cos \varphi = 0,75$; $\text{tg} \varphi = 0,88$; $\Phi_l = 830 \text{ Лм}$.

2.6 Розрахунок навантаження щитків освітлення

Розташування щитків освітлення визначено живленням їх відповідних груп світильників (див. лист *Освітлювальна мережа*).

Сумарна активна потужність освітлення ЩО1:

$$P_{\text{ЩО1}} = 0,045 + 0,0567 + 0,563 + 6,375 = 6,94 \text{ кВт},$$

де $P_{P\Sigma} = 6,375 \text{ кВт}$ – сумарна активна потужність розеток, під'єднаних до ЩО1.

Сумарна активна потужність освітлення ЩО2:

$$P_{\text{ЩО2}} = 2,625 + 0,563 = 3,2 \text{ кВт}.$$

Сумарна активна потужність освітлення ЩО3:

$$P_{\text{ЩО3}} = 0,0225 + 0,0225 + 0,375 + 0,75 = 1,17 \text{ кВт}.$$

Сумарна активна потужність аварійного освітлення ЩАО:

$$P_{\text{ЩАО}} = 0,008 \cdot 14 \cdot 0,75 = 0,084 \text{ кВт}.$$

Загальна потужність, яка затрачається на освітлення виробничих та допоміжних приміщень, освітлення зовнішньої території та на живлення розеток становить:

$$P_{\Sigma} = 7,05 + 3,2 + 1,17 + 0,084 = 11,504 \text{ кВт}.$$

Розподіляємо дану потужність між трьома фазами:

- фаза «А» $P_A = 3,75 \text{ кВт}$,
- фаза «В» $P_B = 3,75 \text{ кВт}$,
- фаза «С» $P_C = 4,004 \text{ кВт}$.

Оскільки фаза «С» є більш завантаженою, то знаходимо навантаження від освітлення саме для цієї фази:

$$P = P_C \cdot 3 = 4,004 \cdot 3 = 12,012 \text{ кВт}.$$

2.7 Розрахунок потужності ввідно – розподільчого пристрою

Розраховані у розд.2.3 потужності електроприймачів шафи та у розд.2.6 потужності освітлювального устаткування зводимо у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Ввідно – розподільчий пристрій

№ поз.	Назва електроприймача	Напруга, В	Потужність, кВт	Розрахункові навантаження				
				P_p , кВт	Q_p , кВ·Ар	S_p , кВ·А	I_p , А	I_H , А
2	Розподільчий пристрій РП1	380	27,39	23,11	21,13	31,31	47,57	47,25
3	Розподільчий пристрій РП2	380	25,07	21,8	18,74	28,28	42,96	38,31
4	Щиток освітлення ЩО1	220	9,24	6,94	5,21	8,68	22,78	32,33
5	Щиток освітлення ЩО2	220	4,25	3,19	1,545	3,54	9,29	12,39
6	Щиток освітлення ЩО3	220	1,62	1,21	0,91	1,51	3,96	5,67
7	ЩАО	220	0,112	0,084	0,047	0,078	0,20	0,27
1	Ввідно – розподільчий пристрій	380	67,682	56,334	47,582	73,398	126,76	136,22

2.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора

Основне виробництво хлібокомбінату віднесене до II-ї категорії з електроспоживання і передбачена комбінована схема електроживлення з додатковим генератором когенераційної установки. Потужності силового трансформатора трансформаторної підстанції та генератора вибираємо з врахуванням повної розрахункової потужності технологічного обладнання підприємства, а також освітлювального навантаження.

Активна розрахункова потужність силового обладнання підприємства:

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = K_{\epsilon} \cdot \sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot K_{\max} = 0,71 \cdot 52,46 \cdot 1,11 = 41,34 \text{ кВт}.$$

Реактивна розрахункова потужність:

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{19} p_{ni} \cdot k_{\epsilon i} \cdot \text{tg} \varphi_i = 1,11 \cdot 34,26 = 38,03 \text{ кВАр}.$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_{p1} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{41,34^2 + 38,03^2} = 56,17 \text{ кВА}.$$

Розрахункові величини активної, реактивної і повної потужностей освітлення (в т.ч. розеток):

$$P_p = K_u \cdot P_n = 0,75 \cdot (9,24 + 4,25 + 1,62 + 0,112) = 11,416 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg} \varphi = 11,416 \cdot 0,825 = 9,42 \text{ кВАр};$$

$$S_{p2} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{11,416^2 + 9,42^2} = 14,8 \text{ кВА}.$$

Повна розрахункова потужність підприємства:

$$S_p = S_{p1} + S_{p2} = 56,17 + 14,8 = 70,97 \text{ кВА}.$$

На ЗТП №403 «Хлібзавод» з силовим трансформатором марки ТМ 250–10/0,4 кВ виділяємо комірку для електропостачання виробництва потужністю:

$$S_{ТРл} = 1,2 \cdot S_p = 1,2 \cdot 70,86 = 85,17 \text{ кВА}.$$

Резервне живлення підприємства здійснене другою лінією електропостачання від генератора когенераційної установки (див. лист *Схема однолінійна електричних з'єднань ВПТ*).

2.9 Розрахунок та вибір установок КРП підприємства

Основні споживачі реактивної потужності (РП): асинхронні двигуни (65-60%), трансформатори (20-25%), повітряні ЛЕП, реактори, перетворювачі та ін. установки.

Орієнтовна потужність пристроїв КРП:

$$Q_{KBH} = P_P \cdot (tg\varphi_\phi - tg\varphi_H), \text{кВ} \cdot \text{Ар},$$

де $tg\varphi_H = 0,33$ – нормативне значення від енергосистеми ($\cos\varphi = 0,96$);

$tg\varphi_\phi = tg\varphi_C = 1,32$ – фактичне розрах. значення коеф. РПі даного виробництва;

$P_P = 52,44 \text{ кВт}$ – розрах. активна потужність ЕП.

Маємо

$$Q_{KBH} = 52,44 \cdot (1,32 - 0,33) = 52,39 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

Визначаємо доцільну для даного виробництва оптимальну величину реактивної потужності низьковольтних конденсаторів:

$$Q_{KHopt} = \frac{Q_P}{2} - \frac{M}{r_{E_T} \cdot (1 + \lambda)}, \text{кВ} \cdot \text{Ар},$$

де $r_{E_T} = 0,0023 \text{ Ом}$ - опір трансформатора підстанції, приведений до сторони нижчої напруги (0,38 кВ) [17];

$\lambda = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує опір низьковольтної мережі цеху [23];

$$M = U_H^2 \cdot \left(\frac{113,5 \cdot K_{DKH}}{C_{O_E} \cdot T_B} + 0,48 \right), \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом},$$

де $K_{DKH} = 6,0 \frac{\text{грн}}{\text{кВ} \cdot \text{Ар}}$ - питома вартість різниці генерації 1 кВ·А реактивної

потужності низьковольтними і високовольтними конденсаторами;

$T_B = 8760 \text{ год.}$ – тривалість роботи конденсаторних батарей у ввімкненому стані;

$C_{O_E} = \frac{A}{T_{МАКС}} + B \cdot 10^{-3}$ - вартість 1 кВт·год. електроенергії, втраченої в

конденсаторних установках;

$$\left. \begin{aligned} A &= 437 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}}, \\ B &= 77 \frac{\text{коп}}{10 \text{ кВт} \cdot \text{год}} \end{aligned} \right\} \text{— складові двоставкового тарифу на електроенергію;}$$

$T_{МАКС} = 4239 \text{ год.}$ – тривалість максимальних навантажень на рік згідно графіка;

$$C_{O_E} = \frac{432}{4238} + 76 \cdot 10^{-3} = 0,19 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}.$$

$$M = 0,39^2 \cdot \left(\frac{113,5 \cdot 6,0}{0,19 \cdot 8760} + 0,48 \right) = 0,128 [\text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом}].$$

Тоді отримаємо:

$$Q_{KH_{\text{отт}}} = \frac{52,48}{2} - \frac{0,0134}{0,0023 \cdot (1 + 0,6)} = 22,38 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

Вибираємо стандартну низьковольтну конденсаторну установку типу УК–0,4–25-21УЗ в кількості 1 шт. потужністю 25 кВ·Ар.

Залишок реактивної потужності будемо компенсувати високовольтною конденсаторною установкою, потужність якої визначимо з виразу:

$$Q_{KB_B} = Q_{KB_H} - Q_{KV} = 52,48 - 25 = 27,48 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}.$$

Утворений запас для компенсації реактивної потужності в кількості 27,48 кВ·Ар може бути реалізований на стороні 10 кВ при розрахунках компенсації інших виробництв, приєднаних до даного трансформатора підстанції.

Установка компенсуючих пристроїв у мережах промислових підприємств є одним з найбільш ефективних способів зниження втрат електроенергії.

2.10 Дослідження резервів використання теплових ВЕР у харчовій промисловості України

Крупними споживачами паливно-енергетичних ресурсів є підприємства харчової промисловості. Найбільш енергоємні з них відносяться до груп: «Виробництво хлібобулочних виробів» і «Виробництво пива» та ін.

Вони також володіють значним потенціалом вторинних енергоресурсів (ВЕР) у вигляді теплової енергії, що перебуває у їх продукції, відходах тощо: відхідних газах та рідинах (димові гази, тепло води та технологічних рідин), відпрацьованій парі парогенераторних та випарних установок, технологічних установок; горючих відходах; кінцевих продуктах та відходах виробництва (тепло випеченого хліба, гаряче повітря з вентиляції тощо).

На рис. 2.1 поданий енергетичний потенціал ВТЕР при виробництві хлібобулочних виробів [15].

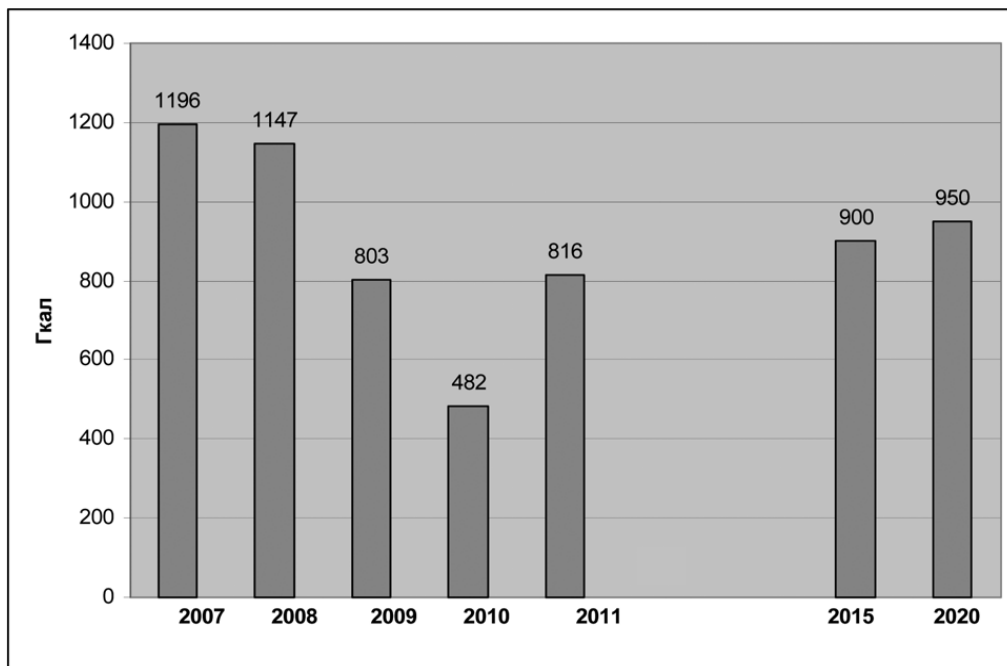


Рисунок 2.1 - Динаміка використання вторинних теплових енергоресурсів у 2007–2020 роках при виробництві хлібобулочних виробів

Загальні заходи на харчових виробництвах, впровадження яких зменшує енергоспоживання, такі [15]:

- якщо охолодити регенероване повітря, що подається в сушильні апарати до 40–45 градусів, то зниження питомих витрат на сушку становитиме 15–20%;
- якщо оребрити калорифери в установках сушки з примусовою циркуляцією, то економія тепла становитиме 10%;
- якщо загерметизувати двері сушильних установок, то економія становитиме 6–8% тепла;
- додаткова ізоляція металевих пароварочних камер дозволяє зекономити тепло до 20%;
- якщо щільно закривати кришками варочні котли під час роботи, то зменшення втрат тепла з відкритої поверхні становитиме 5–6 разів;
- теплоізоляція арматури та фасонних частин теплопроводів зменшує втрати в них на 10–30%;
- якщо замінити парову систему опалення на водяну, то витрати тепла зменшаться на 12–16%;

– якщо видалити шар пилу з нагрівальних приладів, то витрати тепла зменшаться на 5%;

– якщо щільно утеплити вікна та двері, то витрати на опалення зменшаться до 60%.

Щодо виробництва хлібобулочних виробів:

– хлібопекарні печі з рециркуляцією топкових газів економлять до 15% палива;

– хлібопекарні печі з власним парогенератором та теплоутилізатором економлять до 20% палива.

2.11 Підвищення енергоефективності виробництва хлібопродуктів застосуванням вторинних енергоресурсів

2.11.1 Методи утилізації теплового енергоресурсу.

На частку хлібопекарських печей припадає основна частина енергоспоживання на підприємствах; на другому місці стоять електродвигуни, що призводять в дію змішувачі та вентилятори.

У структурі енергоспоживання галузі (5 ... 10)% становить електроенергія, а (90 ... 95)% - паливо і теплоенергія.

Печі є найбільшими споживачами енергії в хлібопекарській промисловості, а значить, і важливими об'єктами для вивчення на предмет можливостей енергозбереження.

Наприклад, утилізація теплоти відхідних газів печей типу ФТЛ-2 і ВПХП-II-I57 знижує питому витрату палива на випічку 1 тони продукції в середньому на 3 кг умовного палива (у. п.), що складає до 7% питомого теплоспоживання цих печей.

За кількістю палива, що спалюється в топках печей, хлібопекарське виробництво займає провідне місце в харчовій промисловості. У середньому для випічки 1 т хліба необхідно (50 ... 65) кг умовного палива. З цієї кількості палива корисно використовується тільки (30 ... 32)%. З продуктами згоряння в атмосферу виноситься від 30% до 60% всієї теплоти. Температура відвідних гарячих газів в печах з нагрівальними трубами - (500 ... 700)°С, хоча температурний напір від газів до пекарної камери забезпечується при температурі продуктів згоряння 350°С.

У той же час поряд з великими тепловими втратами хлібопекарському виробництву потрібна велика кількість гарячої води на технологічні і санітарно-технічні потреби.

При високій температурі відхідних гарячих газів (вище 350°C) спочатку газів нагрівають воду (до 80°C), охолоджуючись до 350°C, а потім направляються в підігрівач повітря, де температура їх знижується до 200°C. Надалі відхідні газів можна використати в контактному теплообміннику для нагріву води. Таке глибоке охолодження гарячих газів дозволить різко підвищити коефіцієнт використання теплоти палива.

Підвищити ефективність виробництва хлібопродуктів без енергетичних втрат можна завдяки використанню спеціального технологічного устаткування – каталізатора випаровування. Такий підхід дозволяє заощадити до 25% енергії, що використовується для випічки хлібобулочних виробів, регулювати витяжку пари та продуктів горіння, а також впровадити екологічно чисте виробництво.

Технологічна схема використання вторинних теплових енергоресурсів при випіканні хлібобулочних виробів на базі установки типу ЕкоБлок Вурасс подано на листі (див. лист *Схема енергоефективного використання вторинних ресурсів на підприємстві*).

Установка типу ЕкоБлок Вурасс чеської фірми KORNFEIL - це обладнання для комплексного використання та переробки відповідної енергії продуктів горіння.

Відпрацьована енергія видобувається установкою ЕкоБлок Вурасс у формі гарячої води з температурою біля 80°C. Вона забезпечує редукцію шкідливих речовин з продуктів горіння включно з викидами в атмосферу CO₂ (див. рис. 2.2).

В процесі випікання хлібобулочних виробів в печах при спалюванні природного газу виділяється значна кількість тепла у вигляді гарячих газів і пари з температурою 250°C і вище. Тепло від продуктів згорання після печі трубопроводом надходить в каталізатор випаровувань установки типу ЕкоБлок Вурасс. Далі тепло розподіляється двома ділянками: теплової та охолоджувальної. Енергія, отримана з продуктів горіння і конденсаційного тепла пари, переходить в гарячу воду, нагріваючи її до температури близько 85°C, і далі акумулюється в ємності для її подальшого використання в опалювальних або охолоджувальних цілях. Другий вихід відпрацьованого тепла з температурою близько 40°C служить

в якості підігріву холодної напірної води у спеціальних ємностях для технічних потреб, а також подачі води для парозволожувальних агрегатів.

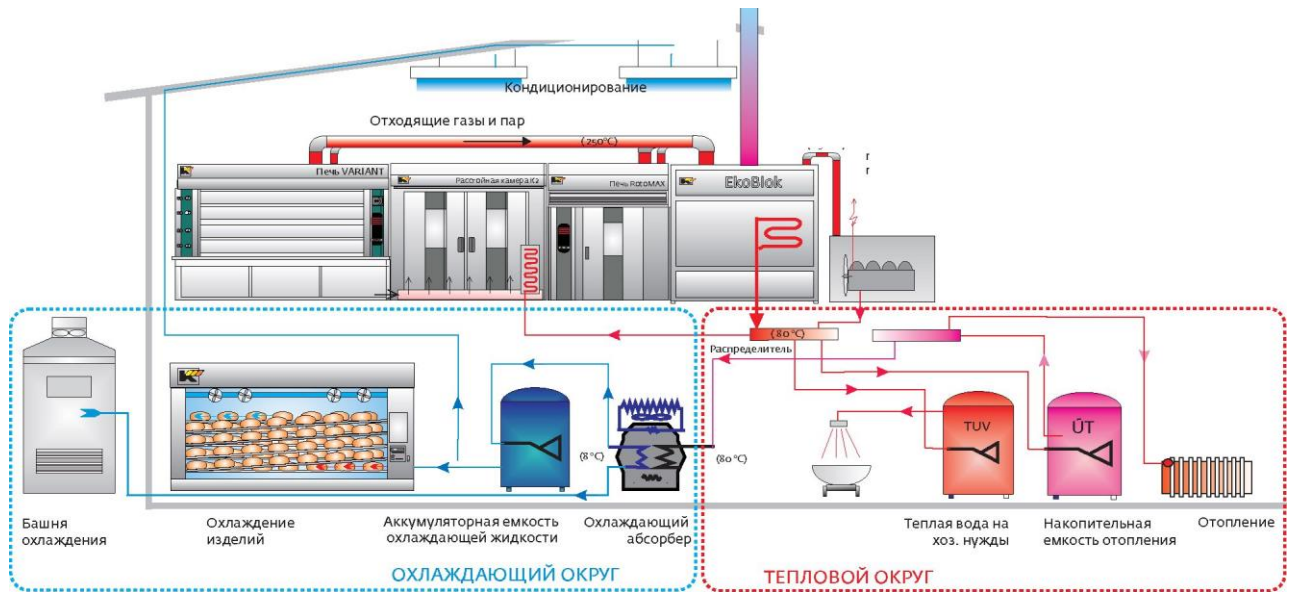


Рисунок 2.2 - Технологічна схема використання ВТЕР на базі установки ЕкоБлок Вурасс на хлібопекарському підприємстві

Відвід повітря в атмосферу після редукції шкідливих речовин з продуктів горіння від окремих печей здійснюється з максимальною температурою 50°C.

Коефіцієнт використання тепла в схемі з установкою типу ЕкоБлок Вурасс досягає 95%.

У поєднанні з використанням обладнання для переробки відпрацьованої енергії ЕкоБлок Вурасс компанія KORNFEIL розробляє для європейських підприємств з випікання хлібобулочних виробів енергетичні проекти, направлені на оптимізацію енерговитрат таких підприємств. Як наслідок, підприємства отримують повністю автоматизований енерго–технологічний цикл виготовлення хлібобулочних виробів як подано на рис. 2.3:

- безперервне використання відпрацьованої енергії з печей;
- опалення відстійних камер й приміщень хлібопекарського підприємства;
- абсорбційне охолодження виробничих цехів та місць з інтенсивним тепловиділенням;
- виробництво технологічної пари;
- автоматичний замір і регулювання параметрів технологічних систем засобами КВП і А;

– візуалізація енергетичних затрат на кожній з дільниць підприємства.

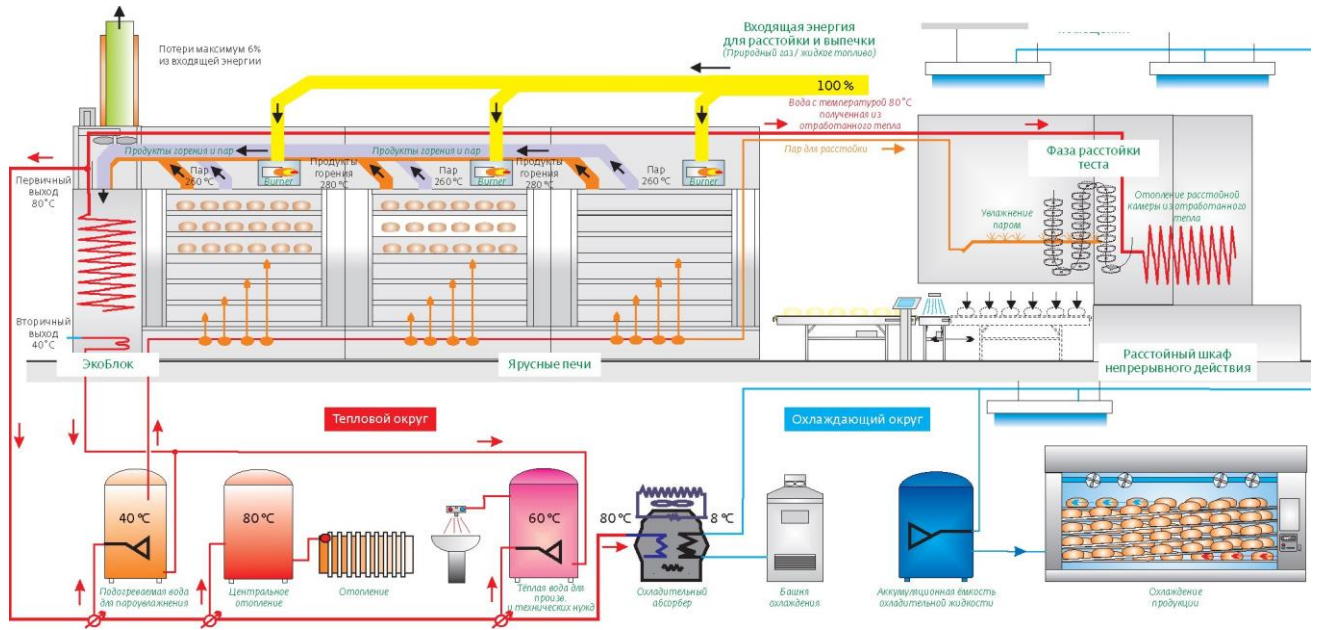


Рисунок 2.3 - Схема автоматизації енерго-технологічного циклу виготовлення хлібобулочних виробів на базі установки ЕкоБлок Вурпасс

2.11.2 Особливості застосування газо-повітряних потоків на хлібопекарському виробництві.

Завдяки застосуванню систем вентиляції та кондиціонування значно поліпшуються умови повітряного середовища у виробничих приміщеннях, може підтримуватися необхідний мікроклімат відповідно до санітарно-гігієнічних та технологічних вимог.

Технологія та системи вентиляції між собою нерозривно пов'язані. Організація вентиляції у виробничому приміщенні диктується в основному особливостями технологічного процесу, характером, кількістю шкідливих виділень. Вирішити проблему мікроклімату і чистоти повітря у виробничому приміщенні лише за рахунок вдосконалення систем вентиляції зазвичай неможливо. Вона, як правило, може бути вирішена на основі здійснення комплексу заходів вентиляційного та технологічного характеру. До числа останніх відносяться:

- герметизація технологічного обладнання з метою ліквідації або, в крайньому випадку, істотного зменшення шкідливих викидів;
- ізоляція поверхонь з високою температурою;

- заміна сухих процесів мокрими;
- застосування дистанційного управління і автоматики, що виключають безпосередній контакт працюючих з матеріалами;
- заміна відкритого транспортування матеріалів, особливо сипучих, закритим.

У виробничих приміщеннях, в першу чергу там, де є значні викиди пилу, необхідно замінити ручне прибирання пилу механізованим вакуумуванням, як правило, за допомогою центральної пиловсмоктувальної установки.

На ряді виробництв застосовується безвідходна технологія, замкнутий повітряний цикл. При такій організації технологічного процесу шкідливі речовини не надходять в повітря приміщення і на частку вентиляції припадає лише підтримка оптимальних температурно-вологісних умов. У перспективі застосування зазначених вище технологічних процесів буде розширюватися.

В даній роботі застосовується схема управління двигуном вентиляційної установки (див. лист *Схема енергоефективного використання вторинних ресурсів на підприємстві*), що дозволяє керувати електродвигуном припливного вентилятора, керувати клапаном зовнішнього повітря, сигналізувати про загрозу заморожування калорифера.

Припливно-витяжний вентиляційний агрегат забезпечує подачу теплого або холодного повітря в залежності від потреб завдяки вбудованій автоматичі. Вентиляційна установка забезпечена повітряним клапаном рециркуляції повітря, що сприяє дешевому і ефективному нагріванню приміщення вночі і рано вранці. У неробочий час у системі припливно-витяжної вентиляції здійснюється 100%-а рециркуляція повітря. Нагрівання повітря здійснюється тільки при необхідності. Перед робочим днем відбувається 100%-а рециркуляція і ранкове нагрівання повітря до бажаної температури. У робочий час система припливно-витяжної вентиляції здійснює розрахункову витрату повітря: при потребі в теплі - проводиться форсований нагрів, при потребі в холоді - форсування холоду. У дифузори відбувається автоматичне перемикання при подачі або тепла, або холоду.

Основна перевага цієї схеми вентиляції, кондиціювання та опалення полягає в тому, що система забезпечує необхідні комфортні кліматичні умови в робочій зоні в заданий час і не розпоршує енергію на нагрівання та охолодження повітря

у всьому об'ємі виробничого приміщення протягом доби. У зв'язку з цим досягається значне зниження експлуатаційних витрат на роботу кліматичної системи.

Система припливно-витяжної вентиляції поєднує в собі функції трьох систем - вентиляції, кондиціонування та опалення. Така кліматична система не вимагає складного догляду і порівняно великих інвестицій в установку та експлуатацію.

Дана система автоматизації призначена для вирішення найпростіших завдань з управління роботою припливної або припливно-витяжної вентиляційної установки, до складу якої входить водяний повітрянагрівач. Конструктивно система автоматизації складається з щита управління (шафа автоматизації), давачів системи та виконуючих механізмів. До складу щита управління входить регулятор температури. Регулятор забезпечує керування виконавчим механізмом клапана повітрянагрівача для підтримання заданої температури припливного повітря. Щит керування включає необхідні пристрої захисту і комутації навантаження.

2.12 Висновки до розділу

1. Розраховані електричні навантаження електроприймачів основного виробництва та проведений вибір центрів живлення - розподільних пристроїв.
2. Проведений розрахунок потужності розподільних пристроїв і силового трансформатора, визначені розрахункові навантаження виробничого обладнання.
3. Розрахована освітлювальна мережа виробничих потужностей та території підприємства. Зважаючи на запиленість виробничої атмосфери, пов'язану з технологією переробки борошна, світильники внутрішньої установки вибрані з класом захисту IP 54.
4. Проведений розрахунок схеми електропостачання підприємства з установками КРП на сторонах високої та низької напруги розподільчої мережі.
5. Досліджені резерви використання вторинних теплових енергетичних ресурсів у харчовій промисловості України. Обґрунтовано підвищення енергоефективності виробництва хлібопродуктів застосуванням вторинних енергоресурсів.
6. Наведений приклад сучасного обладнання для комплексного використання та

переробки відвідної енергії продуктів горіння на хлібопекарському виробництві, а також досліджені особливості застосування газо–повітряних потоків.

3 ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів

Вибір площі перерізу провідників починаємо з відгалужень від окремих електроприймачів (ЕП) або їх групи в напрямку до джерела живлення згідно рекомендацій ПУЕ [23], а також [28], враховуючи допустимий нагрів провідників за допомогою коефіцієнта зменшення номінального струму $k_H = 0,8$.

Таким чином, січення провідників, марка проводу чи кабелю, а також їх довжина матимуть наступні значення (див. лист *Схема електричних з'єднань РП*):

- ЕП1.1; 1.2: $I_H = 3,42 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; січення провідників – $1,5 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 10 і 12 м відповідно; марка проводу – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП2.1; 2.2: $I_H = 9,76 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 6 і 8 м; – *ВВГнг 5×2,5*;
- ЕП14: $I_H = 2,06 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 3 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП13: $I_H = 5,7 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 2 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП 7.1; 7.2: $I_H = 6,51 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 7 і 5 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП 8: $I_H = 5,47 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 9 м; *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП 12: $I_H = 0,043 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,0 \text{ мм}^2$; – 16 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ВРП – РП2: $I_H = 52,653 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 75 \cdot 0,8 = 60 \text{ A}$; січення провідників – 16 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 34 м; марка кабелю – *ВВГнг 4×16+1×6*;
- ЕП10: $I_H = 4,56 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 4 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП5.2; 5.3: $I_H = 13,3 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 25 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 4 і 5 м – *ВВГнг 5×2,5*;
- ЕП5.1; 3; 4: $I_H = 2,37+5,0+2,16=9,53 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 9 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП6: $I_H = 2,09 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 6 м; – *ВВГнг 5×1,5*;
- ЕП9: $I_H = 10,13 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ A}$; – $1,5 \text{ мм}^2$; – 14 м; – *ВВГнг 5×1,5*;

- ЕП11: $I_H = 2,6 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,5 \text{ мм}^2$;– 4 м ;– *ВВГнг* $3 \times 1,5$;
- ВРП – РП1: $I_H = 56,51 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 75 \cdot 0,8 = 60 \text{ A}$; січення провідників – 16 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 21 м ; марка кабелю – *ВВГнг* $4 \times 16 + 1 \times 6$;
- ВРП – ЩО1: $I_H = 30,9 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 40 \cdot 0,8 = 32 \text{ A}$;– 6 мм^2 ;– 6 м ;– *ВВГ* $5 \times 6,0$;
- ВРП – ЩО2: $I_H = 14,43 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 25 \cdot 0,8 = 20 \text{ A}$;– $2,5 \text{ мм}^2$;– 36 м ;– *ВВГнг* $5 \times 2,5$;
- ВРП – ЩО3: $I_H = 4,79 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,5 \text{ мм}^2$;– 36 м ;– *ВВГнг* $5 \times 1,5$;
- ВРП – ЩАО: $I_H = 0,27 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 10 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО1 – ЕП (розетки): $I_H = 27,88 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 40 \cdot 0,8 = 32 \text{ A}$;– $4,0 \text{ мм}^2$;– 30 м ;– *ВВГнг* $3 \times 4,0$;
- ЩО1 – ЕП освітлення (склад готової продукції): $I_H = 0,52 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 11 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО1 – ЕП освітлення (кімната майстра та куток прийому їжі): $I_H = 0,52 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 29 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО1 – ЕП освітлення (кондитерський цех): $I_H = 2,19 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 16 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО2 – ЕП освітлення (цех приготування та випічки): $I_H = 5,6 \times 2 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– $18 + 22 \text{ м}$;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО2 – ЕП освітлення (формувальний цех): $I_H = 3,5 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 27 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО3 – ЕП освітлення (мийка обігової тари та склад сировини): $I_H = 0,21 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 21 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО3 – ЕП освітлення (склад борошна): $I_H = 1,2 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 10 м ;– *ПВ* $3-1,0-0,66$;
- ЩО3 – ЕП освітлення (зовнішнє): $I_H = 2,98 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 107 м ;– *ВВГнг* $3 \times 1,5$;
- КТП – ВРП: $I_H = 135,95 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 185 \cdot 0,8 = 148 \text{ A}$; січення провідників – 50 мм^2 ; довжина відрізка лінії – 12 м ; марка кабелю –

АВБбШв 3×50+1×25 – відкрита проводка.

3.2 Кабельний журнал

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–1,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 164 м.

Силовий мідний кабель з ізоляцією кожної жили, в ПВХ–оболонці, що не підтримує горіння, ГОСТ 16442-80: ВВГнг 3×1,5 – 111 м; ВВГнг 5×1,5 – 136 м; ВВГнг 5×2,5 – 57 м; ВВГнг 3×4,0 – 30 м. ВВГнг 5×6,0 – 6 м; ВВГнг 4×16+1×6 – 55 м;

Кабель силовий броньований з ПВХ–ізоляцією та шлангом марки АВБбШв3х50+1х25 ГОСТ 16442–80 – 15 м.

3.3 Вибір захисної апаратури електромережі

3.3.1 Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичний вимикач (АВ) вибираємо з умови:

$$I_{НОМ} > (1,1 \dots 1,3) \cdot I_H,$$

де $I_{НОМ}$ – ном. струм АВ, А;

I_H – ном. струм ЕП, А.

Струм спрацювання відсічки електромагнітного роз'єднувача перевіряємо згідно максимального пікового струму:

$$I_{ВДС} \geq (1,25 \dots 1,35) \cdot I_{ПСК},$$

де $I_{ПСК}$ – піковий струм ЕП, А.

Вставку теплового розчіплювача вибираємо з умови:

$$I_T \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot I_H.$$

3.3.2 Вибір захисту для РП1

ЕП10 (QF21): $I_H = 4,56$ А; $I_{ПСК} = 3 \cdot 4,56 = 13,68$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 5,928$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 13,68 = 18,47$ А; $I_T = 1,2 \cdot 4,56 = 5,472$ А;
автоматичний вимикач ВА 47-29 3P 10А;

ЕП5.2; 5.3 (QF22, QF23): $I_H = 13,3$ А; $I_{ПСК} = 3 \cdot 13,3 = 39,9$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 17,29$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 39,9 = 53,86$ А; $I_T = 1,2 \cdot 13,3 =$

15,96 A; ВА 47-29 3P 16A;

ЕП6 (QF24): $I_H = 2,09$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 2,09 = 6,27$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 2,72$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 6,72 = 9,072$ A; $I_T = 1,2 \cdot 2,09 = 2,72$ A; ВА 47-29 3P
10A;

ЕП 5.1; 3; 4 (QF25): $I_H = 10,53$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 10,53 = 31,6$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 13,69$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 31,6 = 42,66$ A; $I_T = 1,2 \cdot 10,53 = 12,63$ A;
ВА 47-29 3P 16A;

ЕП9 (QF26): $I_H = 10,13$ A; $I_{ПК} = 5 \cdot 10,13 = 50,65$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 13,17$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 50,65 = 68,37$ A; $I_T = 1,2 \cdot 10,13 = 12,156$ A;
ВА 47-29 3P 16A;

ЕП11 (QF27): $I_H = 2,6$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 2,6 = 7,8$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 3,38$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 7,8 = 10,53$ A; $I_T = 1,2 \cdot 2,6 = 3,12$ A; ВА 47-29 2P
10A;

РП1 (QF15): $I_H = 56,51$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 56,51 = 169,53$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 73,46$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 169,53 = 228,8$ A; $I_T = 1,2 \cdot 56,51 = 67,8$ A;
ВА 88-32; $I_{НОМ}, A: 125$; $I_P, A: 80$.

3.3.3 Вибір захисту для РП2

ЕП8 (QF30): $I_H = 5,4$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 5,4 = 16,2$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 7,02$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 16,2 = 21,87$ A; $I_T = 1,2 \cdot 5,4 = 1,08$ A; автоматичний
вимикач ВА 47-29 3P 10A;

ЕП7.1; 7.2 (QF31, QF32): $I_H = 6,51$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 6,51 = 19,53$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 8,463$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 19,53 = 26,36$ A; $I_T = 1,2 \cdot 6,51 = 7,812$ A; ВА 47-29 3P 10A;

ЕП13 (QF33): $I_H = 5,7$ A; $I_{ПК} = 5 \cdot 5,7 = 28,5$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 7,41$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 28,5 = 38,47$ A; $I_T = 1,2 \cdot 5,7 = 6,84$ A; ВА 47-29 3P
10A;

ЕП14 (QF34): $I_H = 2,06$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot 2,06 = 6,27$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 2,72$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 6,72 = 9,072$ A; $I_T = 1,2 \cdot 2,06 = 2,72$ A;
ВА 47-29 3P 10A;

ЕП2.1; 2.2 (QF35, QF36): $I_H = 9,76$ A; $I_{ПК} = 5 \cdot 9,76 = 48,8$ A; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 12,68$ A; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 48,8 = 65,88$ A; $I_T = 1,2 \cdot 9,76 = 1,7$ A; ВА 47-29 3P 16A;

ЕП1.1; 1.2 (QF37, QF38): $I_H = 3,42 \text{ A}$; $I_{ПК} = 5 \cdot 3,42 = 17,1 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 4,45 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 17,1 = 23,08 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 3,42 = 4,1 \text{ A}$; ВА 47-29 3P 10A;

ЕП12 (QF39): $I_H = 0,043 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 0,043 = 0,13 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 0,056 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,13 = 0,175 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,043 = 0,0516 \text{ A}$; ВА 47-29 3P 1A;

РП2 (QF16): $I_H = 52,653 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 52,653 = 157,96 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 68,45 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 157,96 = 213,25 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 52,653 = 63,18 \text{ A}$; ВА 88-32; $I_{НОМ}, \text{ A}: 125$; $I_P, \text{ A}: 80$.

3.3.4 Вибір захисту для споживачів ЩО

ЩО1 (QF17, QF42): $I_H = 30,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 30,9 = 92,7 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 40,17 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 92,7 = 125,45 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 30,9 = 37,08 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 47-29 3P 40A;

ЩО2 (QF18, QF46): $I_H = 14,43 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 14,43 = 28,86 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 18,76 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 28,86 = 38,96 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 14,43 = 17,316 \text{ A}$; ВА 47-29 3P 20A;

ЩО3 (QF19, QF50): $I_H = 4,79 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 4,79 = 9,58 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 6,23 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 9,58 = 12,93 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 4,79 = 5,75 \text{ A}$; ВА 47-29 3P 10A;

ЩАО (QF13): $I_H = 0,22 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 0,22 = 0,44 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 0,286 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,44 = 0,594 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,22 = 0,264 \text{ A}$; ВА 47-29 1P 1A;

ЩО1 (QF42 – група освітлення 1): $I_H = 0,15 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 0,195 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,3 = 0,405 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ A}$; ВА 47-29 1P 1A;

ЩО1 (QF43 – група освітлення 2): $I_H = 0,09 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 0,09 = 0,18 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 0,117 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,117 = 0,158 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,09 = 0,18 \text{ A}$; ВА 47-29 1P 1A;

ЩО1 (QF44 – група освітлення 3): $I_H = 2,19 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 2,19 = 4,38 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 2,847 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 4,38 = 5,913 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,22 = 0,108 \text{ A}$; ВА 47-29 1P 1A;

ЩО1 (QF45 – лінія розеток): $I_H = 27,88 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 27,88 = 83,64 \text{ A}$;

$I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 36,24 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 83,64 = 112,9 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 27,88 = 33,45 \text{ A}$; автоматичний вимикач *ВА 47-29 2P 40A*; пристрій захисного відключення *ПЗВ-2001-2р* (габарит - 32 A; струм витоку – 30 mA);

ЩО2 (QF47, QF48 – група освітлення 1, 2): $I_H = 6,125 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 6,125 = 12,25 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 7,96 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 12,25 = 16,53 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 6,125 = 7,35 \text{ A}$; *ВА 47-29 1P 10A*;

ЩО2 (QF49 – група освітлення 3): $I_H = 2,19 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 2,19 = 4,38 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 2,847 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 4,38 = 5,913 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,22 = 0,264 \text{ A}$; *ВА 47-29 1P 10A*;

ЩО3 (QF51 – група освітлення 1): $I_H = 0,21 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 0,21 = 0,42 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 0,273 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,42 = 0,567 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 0,21 = 0,262 \text{ A}$; *ВА 47-29 1P 1A*;

ЩО3 (QF52 – група освітлення 2): $I_H = 1,46 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 1,46 = 2,92 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 1,9 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 0,66 = 0,89 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 2,19 = 2,63 \text{ A}$; *ВА 47-29 1P 10A*;

ЩО3 (QF53 – група освітлення 3, зовнішнє): $I_H = 2,98 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 2,98 = 5,96 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 3,874 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 5,96 = 8,046 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 2,98 = 3,576 \text{ A}$; автоматичний вимикач *ВА 47-29 1P 10A*;

3.3.5 Вибір захисту для ВРП

ВРП (QF12, QF8): $I_H = 135,95 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 135,95 = 407,85 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 176,74 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 407,85 = 550,6 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 135,95 = 163,14 \text{ A}$; *ВА 88-37*; $I_{НОМ}, \text{ A}: 250$; $I_P, \text{ A}: 180$.

3.3.6 Вибір захисту для конденсаторної установки (КУ)

Номинальний струм КУ знайдемо за виразом:

$$I_{ном} = \frac{Q_{уст}}{(1,73 \cdot U_H)},$$

де $I_{ном}$ – номінальний струм установки, A;

$Q_{уст}$ – загальна реактивна потужність установки, кВ · Аp ;

U_H – номінальна напруга установки, кВ.

$$I_{ном} = \frac{25}{(1,73 \cdot 0,4)} = 36,12 \text{ A.}$$

КУ (QF4): $I_H = 36,12 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 36,12 = 72,24 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 93,9 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot 72,24 = 97,5 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot 36,12 = 43,34 \text{ A}$;
автоматичний вимикач ВА 88–32; $I_{НОМ}, \text{ A}: 125$; $I_P, \text{ A}: 63$.

3.3.7 Проектне рішення:

- на ВРП встановити центральний комутуючий пристрій – рубильник типу РПБ 3–2 (рубильник з бічним (Б) приводом (П) триполюсний (3) на номінальну силу струму 250 А (габарит 2));
- в якості живлячих кабелів застосувати мідні кабелі в оболонці, що не розповсюджує горіння (ВВГнг);
- лінію штепсельних розеток, а також установку максимального використання (ЕП14) для захисту від диференційних струмів під'єднати через ПЗВ з уставкою 30 мА;
- автоматичні вимикачі ВА 47-29 для ліній освітлення підібрати з характеристикою теплового розчіплювача типу В; всі інші – типу С;
- тістоокруглювач ТО-2, тістовідділювач ТД-2 і шафа для попереднього вистоювання "Бриз плюс" об'єднати в тістороздільну лінію, для чого підключити тістоокруглювач і відділювач від шафи попереднього вистоювання, через наявні для цієї мети роз'єми;
- у приміщеннях встановити вимикачі освітлення з клавішним приводом: 7 шт. однополюсних С1-05-6/220;
- проводку для світильників провести прихованою всередині приміщень дільниць проводом: АПВ-2,5=30 м; АППВ2х2,5=20 м; АППВ3х2,5=15 м; а коробки з'єднувальні під'єднати до щитка освітлювального проводом: ПВ 3–1,0–0,66=70 м;

3.4 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора

У вторинних колах силових трансформаторів можуть протікати струми

коротких замикань різної величини. Електропостачання споживачів хлібозаводу здійснюється за допомогою силового трансформатора номінальною потужністю $S_{НОМ} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Розрахункова точка трифазного КЗ в установках напругою до 1 кВ – безпосередньо за автоматичним вимикачем силового трансформатора.

Для визначення струмів КЗ в т. KI потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Для силового трансформатора повний опір:

$$Z_T = \frac{(u_{к.з.} / 100)U^2}{S_{ном.Т}},$$

де $u_{к.з.}$ - напруга КЗ, %;

$S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА ;

U - напруга мережі, В .

$$Z_T = \frac{(4,5 / 100) \cdot 380^2}{250 \cdot 10^3} = 0,026 \text{ Ом} = 26 \text{ мОм}.$$

Активний опір трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta P_{к.з.} \cdot U^2}{(S_{ном.Т})^2},$$

де $\Delta P_{к.з.}$ - втрати від КЗ, кВт .

$$R_T = \frac{0,62 \cdot 10^3 \cdot 380^2}{(250 \cdot 10^3)^2} = 0,001508 \text{ Ом} = 1,508 \text{ мОм}.$$

Реактивний опір трансформатора:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2};$$

$$X_T = \sqrt{25,9^2 - 1,408^2} = 25,99 \text{ мОм}.$$

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. KI :

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma}^{(3)})^2};$$

$$(R_{\Sigma}^{(3)}) = R_T + R_{Ш} + R_a + R_K + R_{Т.Т};$$

$$(X_{\Sigma}^{(3)}) = X_T + X_{Ш} + X_a + X_{Т.Т},$$

де $R_T; X_T$ - активний та реактивний опір трансформатора;

$R_{Ш}; X_{Ш}$ - опори шин від трансформатора до автоматичного вимикача

$(R_{III} = 0,5 \text{ мОм}; X_{III} = 2,25 \text{ мОм});$

$R_a; X_a$ - опори котушок розчіплювачів максимального струму автоматичних вимикачів (табл. 3.1);

R_k - значення перехідних опорів контактів (табл. 3.2);

$R_{TC}; X_{TC}$ - первинні опори обмоток трансформатора струму (табл. 3.3).

$$R_{\Sigma 1}^{(3)} = 1,408 + 0,48 + 0,24 + 0,119 + 0,2 = 2,468 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 1}^{(3)} = 25,93 + 2,24 + 0,096 + 0,29 = 28,5 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{2,468^2 + 28,5^2} = 70,63 \text{ мОм}.$$

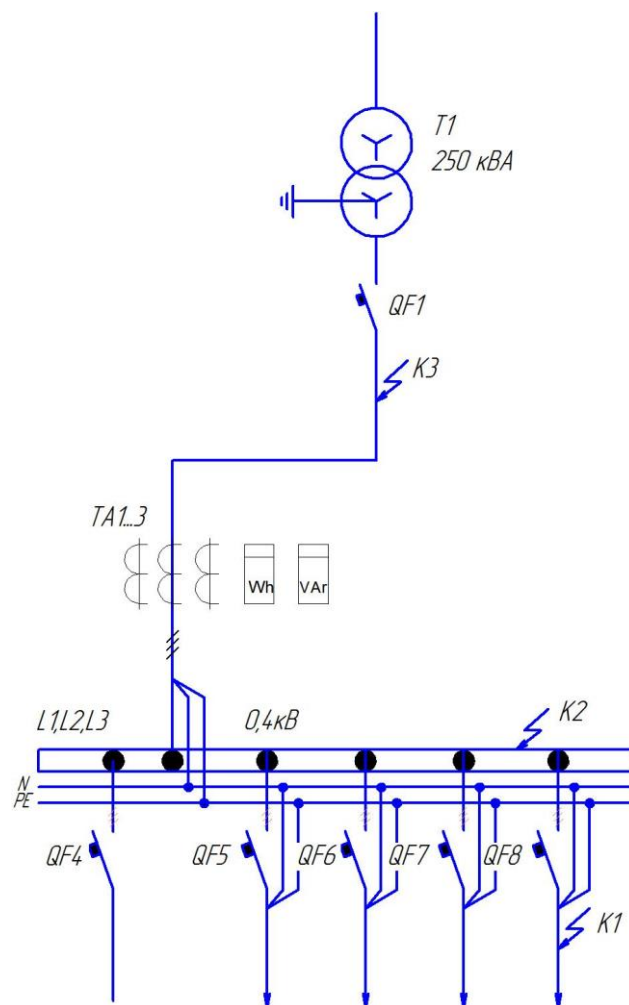


Рисунок 3.1 - Однолінійна схема для розрахунку коротких замикань

Діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}^{(3)}};$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 70,83 \cdot 10^{-3}} = 3,084 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 3,08 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ від системи:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{y.c.} \cdot I_{к.з.}^{(3)},$$

де $k_{y.c.}$ - ударний коефіцієнт (для трансформатора 250 кВА $k_{y.c.}=1,2$);

$I_{к.з.}^{(3)}$ - діюче значення струму трифазного КЗ.

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 3,09 = 5,244 \cdot 10^3 \text{ A} \approx 5,25 \text{ кА}.$$

Для визначення струмів КЗ в т. К2 потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. К2:

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma 2}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma 2}^{(3)})^2}; R_{\Sigma 2}^{(3)} = R_{\Sigma 1}^{(3)} + R_{III} + R_{II}; X_{\Sigma 2}^{(3)} = X_{\Sigma 1}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 2}^{(3)} = 2,472 + 0,48 + 0,1 = 3,069 \text{ мОм}; X_{\Sigma 2}^{(3)} = 28,4 + 2,23 + 0,03 = 30,6 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{3,069^2 + 30,6^2} = 31,02 \text{ мОм}.$$

Діюче значення струму трифазного КЗ визначаємо згідно формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 31,02 \cdot 10^{-3}} = 7,068 \cdot 10^3 \text{ A} = 7,07 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ від системи визначаємо згідно формули:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 7,07 = 11,8 \approx 12 \text{ кА}.$$

Для визначення струмів КЗ в т. К3 потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Сумарний опір кола трифазного КЗ в т. К3:

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma 3}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma 3}^{(3)})^2}; R_{\Sigma 3}^{(3)} = R_{\Sigma 2}^{(3)} + R_{III} + R_{II}; X_{\Sigma 3}^{(3)} = X_{\Sigma 2}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = 3,069 + 1,78 + 1,29 = 6,16 \text{ мОм}; X_{\Sigma 3}^{(3)} = 30,7 + 0,84 + 0,139 = 31,6 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{6,16^2 + 31,6^2} = 32,38 \text{ мОм}.$$

Діюче значення струму трифазного КЗ визначаємо з формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 32,38 \cdot 10^{-3}} = 6,748 \cdot 10^3 \text{ A} \approx 6,75 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ від системи визначаємо з формули:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 6,75 = 11,45 \cdot 10^3 \text{ A} = 11,45 \text{ кА}.$$

Для визначення сумарного ударного струму потрібно визначити струми КЗ від асинхронних двигунів (№№ позицій на плані: 1.1 – 4; 6; 9, 10, 11; 13; 14 - див. лист *Схема електричних з'єднань силової мережі*), приєднаних до даного автоматичного вимикача, згідно формули:

$$\begin{aligned} \Sigma i_{y.d.} &\approx 6,5 \cdot (3,42 \cdot 2 + 9,76 \cdot 2 + 3,16 + 5 + 2,09 + 10,13 + 4,56 + 2,6 + 5,7 + 2,06) = \\ &= 40,79 \text{ A} \approx 0,041 \text{ кА}. \end{aligned}$$

Сумарний ударний струм визначається згідно формули:

$$i_{y.\Sigma}^{(3)} = 11,45 + 0,041 = 11,491 \text{ кА}.$$

Таблиці для розрахунку опорів кіл струму трифазного КЗ:

Таблиця 3.1 - Опори котушок розчіплювачів максимального струму

Номінальний струм автоматичного вимикача, А	100	140	200	400	600
X _a , мОм	0,84	0,53	0,29	0,11	0,093
R _a , мОм	1,7	0,75	0,34	0,16	0,13

Таблиця 3.2 - Опори перехідних контактів

Номінальний струм, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Опір котушки авт. вимикача R _к , мОм	1,2	0,74	0,5	0,5	0,27	-	-
Опір котушки рубильника R _к , мОм	-	0,4	0,5	0,19	0,13	0,09	-

Таблиця 3.3 - Опори обмоток трансформатора струму

Коефіцієнт трансформації трансформатора струму	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5
X _{тт} , мОм	2,6	1,1	0,68	0,29	0,16
R _{тт} , мОм	1,6	0,76	0,43	0,18	0,16

3.5 Дослідження факторів щодо проектних рішень підвищення ефективності виробництва

Визначення найбільш значущих чинників, що впливають на енергоефективність підприємств, базується на аналізі, систематизації, а також розробці відповідної системи організаційно-економічних факторів.

При визначенні рівня значимості деякого фактору B_i проводиться розрахунок узагальненої експертної оцінки як частки від сумарної кількості балів щодо кожного з i факторів та сумарного балу усіх факторів [26].

Після проведення розрахунків отримують перелік і значимість впливаючих факторів на енергоефективність промислового підприємства: економічних (див. табл. 3.4) й організаційних (див. табл. 3.5).

Таблиця 3.4 – Перелік економічних факторів впливу

Назва фактору	Ваговий коефіцієнт фактору B_i	Порядковий номер фактору B_i згідно його впливу
Державне законодавство в галузі енергозбереження	0,163	3
Мотивація держави щодо підвищення енергоефективності	0,075	7
Тарифікація у сфері паливно-енергетичних ресурсів	0,195	1
Вплив постачальника паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР)	0,154	4
Можливості для інвестування	0,182	2
Фінансова спроможність підприємства	0,091	6
Наявність стимулів для персоналу	0,140	5
Усього:	1,000	–

Як видно з розрахунків, найбільш впливаючі економічні фактори мають номери згідно їх впливу у порядку спадання: 1, 2, 3, ... , 7.

Те ж стосується і організаційних впливаючих факторів.

Таблиця 3.5 – Перелік організаційних факторів впливу

Назва фактору	Ваговий коефіцієнт фактору B_i	Порядковий номер фактору B_i згідно його впливу
Кваліфікаційний статус персоналу у сфері енергозбереження	0,054	7
Галузевий обмін досвідом, участь у заходах щодо енергозбереження	0,053	10
Заохочення з фонду зарплати щодо економії ПЕР	0,053	9
Енергоаудит	0,139	4

Продовження таблиці 3.5

Назва фактору	Ваговий коефіцієнт фактору B_i	Порядковий номер фактору B_i згідно його впливу
Застосування технологій з елементами енергозбереження	0,160	1
Використання вторинних ПЕР	0,052	8
Нормування і облік ПЕР	0,112	3
Наявність інфраструктури на підприємстві з постачання ПЕР	0,144	2
Енергоємна продукція на виробництві	0,126	5
Наявність на підприємстві програм з енергозбереження	0,078	6
Усього:	1,000	—

В математичній моделі енергоефективності статистично типового підприємства в якості результативного показника Y обраний показник питомих енергетичних витрат на 1 грн. випуску продукції. Впливаючі фактори $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ на цей результативний показник такі [26]:

X_1 - випуск продукції, млн. грн.;

X_2 - витрати на енергопостачальні мережі, млн. грн.;

X_3 - інвестування в енергозбереження, млн. грн.;

X_4 - чисельна кількість персоналу, осіб;

X_5 - середня зарплата, тис. грн.;

X_6 - енергоресурси з власних джерел енергії (частки);

X_7 - питома матеріаломісткість продукції, грн.;

X_8 - тривалість робочої зміни на підприємстві, год.;

X_9 - розрядна кваліфікація робітників;

X_{10} - чисельність функціональних підрозділів;

X_{11} - площа приміщень з наявними енергоресурсами, м²;

X_{12} - завантаженість обладнання, частк.;

X_{13} - енергоозброєність праці (кВт/чол.);

X_{14} — частка основного капіталу до кількості працівників, тис. грн./чол.;

X_{15} — частка технологічного обладнання до основного капіталу.

При цьому, мінімальній сумі рангів відповідає найбільш важливий впливаючий фактор, який має пріоритетне значення (див. табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Зворотне рангування впливаючих факторів [26]

Фактор x_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
Ранг фактору R_i	42	36	23	144	138	24	18	112	126	128	114	72	70	74	86

Згідно табл. 3.6 найбільш важливі фактори, які мають вплив на енергоефективність підприємства такі (в порядку спадання їх впливу на енергоефективність досліджуваного підприємства):

- 1) питома матеріаломісткість продукції $R_7 = 18$;
- 2) інвестування в енергозбереження $R_3 = 23$;
- 3) енергоресурси з власних джерел енергії $R_6 = 24$;
- 4) витрати на енергопостачальні мережі $R_2 = 36$;
- 5) випуск продукції $R_1 = 42$.

Для визначення об'єктивності думок експертів та узгодженості їх суджень щодо впливаючих факторів на енергоефективність підприємства застосована математична модель коефіцієнта конкордації Кенделла W такого виду [26]:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (3.1)$$

де m - розмір групи експертів;

n - кількість впливаючих факторів X_i ;

S - середньоквадратичне відхилення різниць рангів, яке визначається з

виразу:
$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 .$$

Інтервал зміни коефіцієнта конкордації від 0 до 1. Ніж є певна згода у думках експертів, то коефіцієнт конкордації істотно відрізняється від нуля, тобто ($W \gg 0,5$). Якщо коефіцієнт $W \leq 0,5$, то проводять додатковий аналіз причин: впливаючі фактори вибрані невірні, некомпетентні експерти, змова між ними та ін.

При отриманні позитивного результату згода експертів перевіряється на не випадковість за допомогою відомого критерію Пірсона (χ -квадрат) згідно виразу:

$$\chi_{розр}^2 = W \cdot m \cdot (n - 1), \quad (3.2)$$

де $(n - 1)$ - число ступенів вільності (в даній моделі відповідає числу факторів впливу на енергоефективність підприємства).

Якщо виконується умова щодо розрахункового значення критерію Пірсона $\chi_{розр}^2 \geq \chi_{табл}^2$ і $W \gg 0,5$, то справедлива гіпотеза щодо наявності істотної згоди у експертних думках.

Застосувавши модель (2.1) та критерій (2.2) на досліджуване підприємство, маємо: $\chi_{розр}^2 = 0,937 \cdot 10 \cdot (15 - 1) = 131,18 \geq 23,68$ з числом ступенів вільності $(n - 1) = 14$ й довірчою ймовірністю $\gamma = 0,95$.

На рис. 3.2 подана апріорна діаграма рангів впливаючих факторів, для кожного з яких визначені питомі ваги їх впливу на результуючий показник - енергоефективність підприємства згідно такого виразу [26]:

$$q_x = \frac{2 \cdot (n - M + 1)}{n \cdot (n + 1)}, \quad [\text{відн. од.}], \quad (3.3)$$

де M - місце впливаючого фактора в ранговій таблиці.

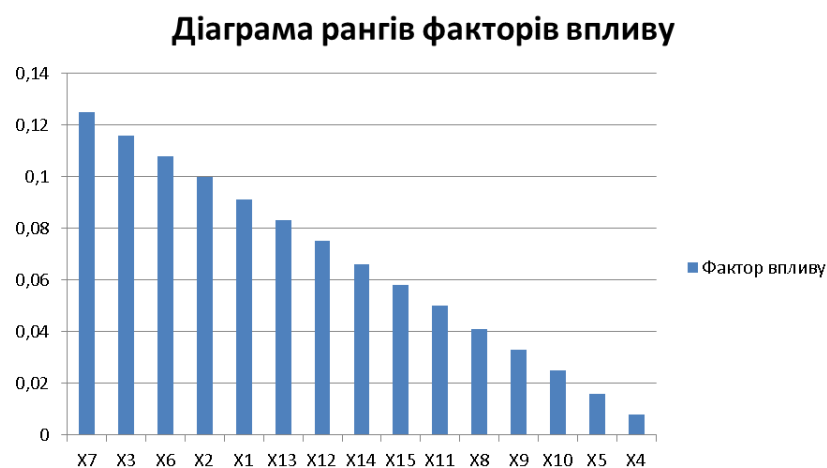


Рисунок 3.2 – Діаграма рангів факторів впливу X_i та їх питомі ваги q_i

Використання моделі впливаючих на енергозбереження факторів із застосуванням інноваційних і традиційних методик може дати змогу підприємству досягти високого рівня енергоефективної діяльності при збільшенні конкурентоздатності продукції підприємства.

3.6 Висновки до розділу

1. Проведений розрахунок і вибір площі перерізу проводів і жил кабелів, на основі чого сформований кабельний журнал.

2. Проведений розрахунок і вибір захисної апаратури електромережі підприємства: автоматичних вимикачів, захисту розподільчих пристроїв РП1 та РП2, електроспоживачів щитків освітлення (робочого, аварійного і зовнішнього), захисту ввідного розподільчого пристрою та конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності.

3. Прийняте проектне рішення щодо улаштування системи електропостачання підприємства.

4. Проведений розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора.

5. Проведене дослідження щодо визначення економічних та організаційних факторів впливу на проектні рішення для підвищення ефективності виробництва.

6. Сформульована і досліджена математична модель для підвищення енергоефективності статистично типового підприємства з визначенням основних факторів впливу.

7. Побудована апріорна діаграма рангів факторів впливу, для кожного з яких визначені питомі ваги їх впливу на результуючий показник - енергоефективність підприємства.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Метеорологічні чинники середовища хлібопекарського виробництва та їх вплив на організм людини

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь.

На відміну від мікроклімату житла та громадських споруд мікроклімат виробничих приміщень, особливо хлібопекарського виробництва, характеризується значною динамічністю і залежить від коливань зовнішніх метеорологічних умов, часу доби та пори року, теплофізичних особливостей технологічного процесу, умов опалення та вентиляції [9].

Мікроклімат виробничих приміщень, в основному, впливає на тепловий стан організму людини та її теплообмін з навколишнім середовищем. Параметри мікроклімату справляють безпосередній вплив на самопочуття людини та його працездатність. Зниження температури за всіх інших однакових умов призводить до зростання тепловіддачі шляхом конвекції та випромінювання і може зумовити переохолодження організму.

Підвищення швидкості руху повітря (власне вентиляційним потокам) погіршує самопочуття, оскільки сприяє підсиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту.

При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища. Встановлено, що при температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає падати. За такої високої температури та вологості практично все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту.

При підвищенні вологості піт не випаровується, а стікає краплинами з поверхні шкіри.

Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення

хвороботворними мікробами.

Вода та солі, котрі виносяться з організму з потом, повинні заміщуватися, оскільки їх втрата призводить до згущення крові та порушення діяльності серцево-судинної системи. Зневоднення організму на 6% зумовлює порушення розумової діяльності, зниження гостроти зору. Зневоднення на (15 ... 20)% призводить до смертельного наслідку [20].

Втрата солі позбавляє кров здатності утримувати воду та зумовлює порушення діяльності серцево-судинної системи. За високої температури повітря і при дефіциті води в організмі посилено витрачаються вуглеводні, жири, руйнуються білки.

Для відновлення водяного балансу рекомендується вживати підсолену (0,5% NaCl) воду ((4 ... 5) л на людину за зміну), білково-вітамінний напій. У жарких кліматичних умовах рекомендується пити охолоджену питну воду або чай.

Тривалий вплив високої температури у поєднанні зі значною вологістю може призвести до накопичення теплоти в організмі і до гіпертермії - стану, при котрому температура тіла піднімається до (38 ... 40)°C. При гіпертермії, як наслідок, тепловому ударі, спостерігається головний біль, запаморочення, загальна слабкість, спотворення кольорового сприйняття, сухість у роті, нудота, блювання, потовиділення. Пульс та частота дихання прискорюється, в крові зростає вміст залишкового азоту та молочної кислоти. Спостерігається блідість, посиніння шкіри, зіниці розширені, часом виникають судоми, втрата свідомості.

За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія). На початковому етапі впливу помірного холоду спостерігається зниження частоти дихання, збільшення об'єму вдиху. За тривалого впливу холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху зростають, змінюється вуглеводний обмін. З'являється м'язове тремтіння, при котрому зовнішня робота не виконується і вся енергія тремтіння перетворюється в теплоту. Це дозволяє протягом деякого часу затримувати зниження температури внутрішніх органів. Наслідком дії низьких температур є холодові травми [19].

Параметри мікроклімату виробничого середовища спричиняють суттєвий вплив на продуктивність праці та на травматизм. Вплив температури повітря на

середню продуктивність праці характеризується графіком, представленим на рис. 4.1 [9].

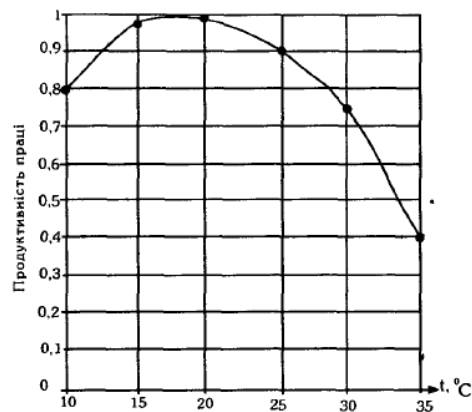


Рисунок 4.1 - Вплив температури повітря на продуктивність праці

Метеорологічні умови в приміщеннях виробництва хлібопродуктів в ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат» відповідають нормам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

4.2 Вимоги щодо вибухо- і пожежобезпеки при використанні електроустановок

Пожежна небезпека виникає при порушенні правил і норм монтажу і експлуатації електричних установок. Електричний струм і наслідки його дії при відповідних умовах перетворюються в потужне джерело запалювання горючого середовища. Статистика свідчить, що таким джерелом запалювання можуть бути [19]:

- невідповідність експлуатації електрообладнання умовам навколишнього середовища;
- механічні причини, такі як несправність і пошкодження електрообладнання;
- великі струмові перевантаження електрообладнання, апаратури і електропроводів;
- виникнення великих температур, електричної дуги та іскор в результаті короткого замикання;
- виникнення іскор при розрядах статичної електрики, а також розрядах

блискавки.

Найбільша кількість пожеж в електроустановках на підприємствах харчової промисловості виникає в результаті коротких замикань, струмових перевантажень, перегріву контактів із великими перехідними опорами. Причинами коротких замикань є пошкодження ізоляції струмоведучих частин електрообладнання, механічні пошкодження в обвитках електродвигунів і проводах, великі вібрації, неправильний монтаж, перестановки електрообладнання.

Струмові перевантаження і пожежна небезпека від них виникають при відповідному режимі роботи електроустановок, коли в провідниках електричних машин і мережах тривалий час протікають струми вище допустимих значень, виникає небезпечний перегрів струмоведучих частин, тобто ізоляції проводів і кабелів. Якщо температура ізоляції вища від гранично допустимої на $(8 \dots 10)^\circ\text{C}$, то її термін служби скорочується вдвічі. Струмові перевантаження виникають також в електричних мережах при увімкненні електрообладнання в електричну мережу із проводами заниженого перерізу, зниженні напруги в мережі, механічних перевантаженнях електродвигунів, при несправності струмового захисту [19].

Пожежна небезпека виникає при створенні великих перехідних опорів в місцях контакту струмопровідників між собою, з'єднанні струмопровідників з електрообладнанням, при яких може виникати велика кількість тепла, що призводить до перегріву струмопровідників та запалювання ізоляції і горючих матеріалів. В цих місцях також можуть виникати іскри, які теж утворюють небезпеку запалення або вибуху.

Для унеможливлення місцевих перегрівів з'єднання струмопровідних елементів проводять зварюванням, паянням або стисканням, а приєднання до споживачів захисної і пускорегулювальної апаратури - за допомогою наконечників або затискачів. В місцях, які піддаються великим вібраціям, встановлюють пружинні шайби або контргайки.

Щоб запобігти виникненню пожежі від струмів короткого замикання і перевантаження електроустановок, застосовують захисні пристрої, такі як плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі, теплові реле. Правильний підбір захисних пристроїв забезпечує мінімальний час їх спрацювання і, таким чином, підвищує

пожежну безпеку електроустановок. Категорично забороняється застосування нестандартних елементів захисних пристроїв [21].

Важливим заходом пожежної безпеки є відповідний вибір типів і виконання електроприладів, електродвигунів та іншого електрообладнання із урахуванням умов навколишнього середовища та їх експлуатації.

Запобіганню пожежній небезпеці, зокрема в ТОВ «Чернівецький хлібокомбінат», сприяє виконання таких організаційних і профілактичних заходів: наявність принципів, робочих і оперативних схем електромереж; систем захисту, блокування автоматики; мереж заземлення; попереджувальних плакатів і написів; контроль, профілактичний ремонт і випробування електрообладнання; протипожежний інструктаж, навчання і атестація обслуговуючого персоналу.

4.3 Організація цивільного захисту на об'єктах харчової промисловості

Для об'єктів харчової промисловості (далі - ОХП) незалежно від форм власності і підпорядкування особливостями завдань цивільного захисту (далі - ЦЗ) є захист продовольства, харчової сировини, води та систем (джерел) водопостачання від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження. Захист досягається такими заходами [7]:

- розосередження джерел одержання харчопродуктів та перевірка наявності у них запасів сировини й готової продукції;
- повна ізоляція сировини та готової продукції від навколишнього середовища;
- проведення комплексу санітарно-профілактичних заходів на ОХП;
- організація радіологічного, хімічного та санітарного контролю;
- проведення знезаражування.

Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним з основних завдань ЦЗ для переробних підприємств. Незважаючи на існуючі розбіжності між уражувальною дією радіоактивних, хімічних речовин, бактеріальних засобів способи захисту продуктів харчування мають багато спільного. Вибір способу захисту визначається видом продукції, її кількістю і умовами зберігання. Для підготування підприємства до захисту від радіоактивних речовин (далі - РР),

отруйних речовин (далі - ОР) та бактеріологічного зараження (далі - БЗ) на кожному із них розробляється план захисту (план ЦЗ), в якому передбачається проведення організаційних та інженерно-технічних заходів.

Значна частина заходів має бути виконана під час будівництва підприємства, його реконструкції та у процесі капітального і поточного ремонтів. Заходи щодо захисту продуктів харчування можна об'єднати в такі групи [12].

Організаційні заходи є загальними для харчових підприємств всіх галузей.

Основними із них є:

- розосередження виробничих і складських споруд на території підприємства під час його будівництва;
- заміна обладнання більш досконалим, герметичним;
- підготування до роботи лабораторій для аналізу продуктів харчування на забрудненість радіоактивними і хімічними отруйними речовинами;
- навчання формувань, виробничого персоналу заходам та засобам захисту харчових продуктів й сировини;
- контроль за всім комплексом заходів із захисту і підготовки до знезараження.

Під час загрози виникнення надзвичайної ситуації здійснюються такі заходи:

- приведення формувань ЦЗ в готовність;
- встановлення суворого пропускного режиму на підприємстві, охорона важливих об'єктів, в тому числі систем водопостачання;
- приведення до готовності пунктів санітарного оброблення (ПуСО), санітарних пропускників, знезаражувальних засобів та матеріалів.

Інженерно-технічні заходи включають в себе [12]:

- герметизацію виробничих і складських приміщень;
- встановлення фільтропоглиначів на вентиляційних системах;
- встановлення протипилових фільтрів, кондиціонерів у виробничих приміщеннях;
- герметизація технологічного обладнання.

Способи реалізації інженерно-технічних заходів багато в чому схожі. Так, для всіх галузей важлива герметизація будівель, приміщень та інших елементів

виробничого комплексу.

Заходи для захисту продуктів харчування за допомогою тари, пакувальних та покрівельних матеріалів. Щодо захисних властивостей тару поділяють на три категорії: вищу, першу й другу [27].

До вищої категорії відноситься тара, яка захищає від радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів. Це - герметично закрита металева, скляна тара і деякі види дерев'яної і полімерної тари; фляги з гумовою кільцевою прокладкою, сталеві і дерев'яні заливні бочки, банки для консервів, туби алюмінієві, банки скляні, закатані бляшаними кришками, пляшки вузькогорлі, герметично закриті металевими капсулами чи закупорені щільними корками або поліетиленовими пробками, пакети із комбінованого матеріалу, паперу, фольги, поліетилену.

Тара першої категорії захищає продовольство від радіоактивних речовин і бактеріальних засобів. До неї, перш за все, відносяться: бочки дерев'яні сухої тари, ящики дощаті з поліетиленовими вкладками, банки і пакети із комбінованого матеріалу (для упаковки концентратів, круп, молока), пляшки із поліхлорвінілу для рослинної олії.

До другої категорії відноситься тара, яка захищає продовольство тільки від радіоактивних речовин і дещо зменшує дію отруйних хімічних речовин та бактеріальних засобів. Це - ящики, багатошарові паперові мішки тощо.

Продукція та сировина у негерметизованих приміщеннях у період загрози радіоактивного забруднення місцевості має бути захищена покриттям із брезенту або прогумованої тканини. Крім штабелів готової продукції, захисним покриттям вкривають штабелі тари.

Санітарно-профілактичні заходи [18]:

- 1) суворе дотримання правил особистої гігієни;
- 2) регулярний санітарно-гігієнічний контроль за якістю продукції, води та вододжерел;
- 3) утримання в чистоті будівель, допоміжних приміщень, обладнання відповідно до санітарних правил харчових підприємств;
- 4) утримання території підприємства у чистоті; під'їзні шляхи, майданчики перед виробничими та складськими приміщеннями мають бути заасфальтовані з

певним ухилом для збігання промивної та атмосферної вод у бік від будівель;

5) збереження відходів у бетонних або в щільно збитих просмолених (оббитих всередині жерстю) ящиках з кришками, що щільно прилягають. Сміття та відходи слід вивозити кожний день, після чого ящики ретельно вичищати та дезінфікувати 20%-м розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна.

Наведені вище заходи сприятимуть забезпеченню стійкості підприємства харчової галузі від уражувальних факторів зовнішнього середовища в умовах дії надзвичайного стану.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі досліджено підвищення ефективності функціонування промислового підприємства з технологією виробництва хлібобулочних виробів, високотехнологічний комплекс обладнання якого використовує енергію вторинних ресурсів для власних потреб.

Отримані такі результати:

1. Проведений аналіз проблем енергетичного забезпечення хлібопекарських підприємств й технологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів.
2. Проведений аналіз технологій підвищення енергоефективності хлібопекарського виробництва методом залучення і використання вторинних енергоресурсів.
3. Обґрунтоване підвищення енергоефективності виробництва хлібопродуктів застосуванням вторинних енергоресурсів.
4. Наведений приклад комплексного використання та переробки відвідної енергії продуктів горіння на хлібопекарському виробництві, а також досліджені особливості застосування газо–повітряних потоків.
5. Проведене дослідження щодо визначення економічних та організаційних факторів впливу на проектні рішення для підвищення ефективності виробництва.
6. Сформульована і досліджена математична модель підвищення енергоефективності статистично типового підприємства з визначенням основних факторів впливу.
7. Побудована апріорна діаграма рангів факторів впливу, для кожного з яких визначені питомі ваги їх впливу на результуючий показник - енергоефективність підприємства.
8. Наведений перелік і охарактеризовані потужності хлібобулочного виробництва, а також заходи з охорони праці.
9. Проведена оцінка категорій навантажень основного виробництва, а також подана загальна характеристика його електропостачання.
10. Розраховані електричні навантаження електроприймачів основного виробництва та проведений вибір центрів живлення - розподільних пристроїв.
11. Проведений розрахунок потужності розподільних пристроїв і силового

трансформатора, визначені розрахункові навантаження виробничого обладнання.

12. Розрахована освітлювальна мережа виробничих потужностей та території підприємства. Зважаючи на запиленість виробничої атмосфери, пов'язану з технологією переробки борошна, світильники вибрані з відповідним класом захисту.

13. Проведений розрахунок схеми електропостачання підприємства з установками компенсації реактивної потужності розподільчої мережі.

14. Проведений розрахунок і вибір площі перерізу проводів і жил кабелів, на основі чого сформований кабельний журнал.

15. Проведений розрахунок і вибір захисної апаратури електромережі підприємства: автоматичних вимикачів, захисту розподільчих пристроїв, електроспоживачів щитків освітлення (робочого, аварійного і зовнішнього), захисту ввідного розподільчого пристрою та конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності.

16. Проведений розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора.

17. Прийняте проектне рішення щодо улаштування системи електропостачання підприємства.

Розробка системи електропостачання виробництва хлібобулочних виробів підвищить її енергоефективність, а також сприятиме безпечній роботі персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Батлук В. А. Охорона праці. Підручник / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009, 360 с.
2. Белік В. Стан і проблеми хлібопекарської промисловості України // Техніка АПК. – 2012. – №4-5. – С. 11–13.
3. Бойко О. А. Єдина державна система цивільного захисту в умовах реалізації завдань децентралізації влади // Матеріали 20-ї ВНПК «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (9–10 жовтня 2018 р., м. Київ) : Зб. тез доп. – К., 2018. – С. 49–51.
4. Владіміров Ю. В. Вплив промислових споживачів на втрати в електричних мережах / Ю. В. Владіміров, В. С. Доля // Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №2. – С. 53–56.
5. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Іванчук, Р. В. Сабарно. – К. : Техніка, 1991. – 192 с.
6. Електробезпека на промислових підприємствах : довідник / Р. Б. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко. – К. : Техніка, 1985. – 288 с.
7. Євдін О. М. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека : посібник / За заг. ред. В. В. Могильниченка. – К. : КІМ, 2007. – 636 с.
8. Жамойда А. А. Ринковий потенціал хлібопекарської промисловості // Економічний вісник Донбасу. – 2009. - №1 (15). – С. 123–128.
9. Жигулін О. А. Безпека праці в енергоустановках : навч. посібн. - Ніжин : Ніжин. агротехн. ін-т, 2020. - 189 с.
10. Карнаушенко Л. І. Шляхи розвитку хлібопекарської промисловості України // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – №1. – С. 17–19.
11. Коваленко Л. О. Проблеми та перспективи розвитку хлібопекарської промисловості / Л. О. Коваленко, Т. В. Міхеєнко // Науковий вісник ЧДІЕУ. - 2020. - №2 (22). - С. 19–24.
12. Кодекс цивільного захисту України (від 02.10.2012 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
13. Корнійчук А. А. Аналіз стану та перспектив розвитку підприємств

- хлібопекарської галузі Житомирської області // Соціально-економічні проблеми і держава. - 2013. - Вип. 2 (9). - С. 67–74.
14. Лупенко А. М. Аналіз ефективності виробництва хлібобулочних виробів / А. М. Лупенко, О. О. Вакуленко, В. І. Вузенський // Матеріали XI МНПК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (7–8 грудня 2022 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. – Тернопіль, 2022. – С. 90–91.
 15. Майстренко Н. Ю. Резерви використання вторинних теплових енергетичних ресурсів у харчовій промисловості України // Проблеми загальної енергетики. - 2013. - Вип. 2 (33). - С. 43–48.
 16. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Проектування промислового освітлення» / Укл. Костик Л. М. - Тернопіль : ТНТУ, 2015 - 28 с.
 17. Мілих В. І. Електропостачання промислових підприємств : підручн. для студ. електромех. спец. / В. І. Мілих, Т. П. Павленко. - К. : Каравела, 2018 - 272 с.
 18. Ниник Л. Р. Стійкість роботи промислових об'єктів у надзвичайних ситуаціях. – Рівне : Вид-во УДАВГ, 1998. – 162 с.
 19. Основи безпечної експлуатації електроустановок : підручн. / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків : УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.
 20. Охорона праці в галузі : методичні вказівки / Укл. к.т.н., доц. каф. ТМ І. Г. Ткаченко. – Тернопіль, ТДТУ, 2001. – 32 с.
 21. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-1998 / Вид. офіційне. Мінпраці України. – К. : Офіц. вісн. України, 12.03.1998. - №8. – С. 394.
 22. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок : ДНАОП 0.00-1.32-01. – К. : Київпромелектропроект, 2001.– 80 с.
 23. Правила улаштування електроустановок / 3–є вид., перероб. і доп. - Х. : Форт, 2010. - 732 с.
 24. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок : консп. лекцій для студ. електромех. спец. - Х. : Харків нац. ун-т міськ. госп., 2020. - 95 с.
 25. Сисак І. М. Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю / І. М. Сисак, Н. В. Бабанін, А. В. Гапонюк // Матеріали VI МНПК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (16–

- 17 листопада 2017 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. 2. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – С. 89–90.
26. Сичевський М. П. Стан та пріоритетні напрямки розвитку харчової промисловості в Україні // Економіка АПК. - 2012. - №1. - С. 38–40.
27. Цивільна оборона на підприємствах харчової промисловості : курс лекцій для студ. вузів / Укл. О. П. Слободян, В. А. Заєць, Т. М. Чорна. - К. : НУХТ, 2011. – 125 с.
28. Шестеренко В. Є. Електропостачання промислових підприємств : посібн. для курс. та дипл. проект. / В. Є. Шестеренко, О. В. Шестеренко. - К. : Нова книга, 2013. - 424 с.
29. Шкрабець Ф. П. Електропостачання : навч. посібн. - Д. : Нац. гірн. ун-т, 2015. - 540 с.
30. Яковлев В. Ф. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення : навч. посібн. / В. Ф. Яковлев, Р. В. Кушлик, С. О. Квітка; за заг. ред. Яковлева В. Ф. - Мелітополь, 2010. - 106 с.