

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.
(прізвище та ініціали)

« 07 » вересня 2020 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 Шпунт Мар'яні Петрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення ефективності системи електропостачання ДНЗ №13,
м. Черкаси

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» вересня 2020 року № 4/7-619

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план приміщень дошкільного навчального закладу (ДНЗ) №13; характеристика та перелік потужностей закладу; споживана потужність - не більше 200 кВт; електроживлення дитячого закладу здійснити від існуючої КТП; однолінійна схема електропостачання ДНЗ; живлення існуючого електрообладнання здійснити згідно розташування; графік роботи – однозмінний

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 дошкільного навчального закладу 1л. ф – А1

2. Схема електричних з'єднань системи електропостачання 1л. ф – А1

3. Однолінійна схема ВРП системи електропостачання дитячого закладу 1л. ф – А1

4. Однолінійна схема електричних з'єднань системи електрообігріву приміщень 1л. ф – А1

5. Однолінійна схема електричних з'єднань шафи силової електрообладнання 1л. ф – А1

6. Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі ДНЗ 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	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 11 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.09.2020	
2	Аналітичний розділ	28.09.2020	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	12.10.2020	
4	Проектно-конструкторський розділ	02.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.11.2020	
6	Висновки	23.11.2020	
7	Оформлення пояснювальної записки	30.11.2020	
8	Оформлення графічної частини	11.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Шпунт М. П.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Беякова І. В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Шпунт М. П. Забезпечення ефективності системи електропостачання ДНЗ №13, м. Черкаси. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз–61. - Тернопіль : ТНТУ, 2020.

Стор. - 79; рис. - 8; табл. - 9; креслень - 6; джерел - 29; додатків - .

В кваліфікаційній роботі проведено модернізацію системи електропостачання дитячого навчального закладу для вирішення завдання забезпечення комфортності перебування дітей у приміщеннях закладу, а також підвищення ефективності та надійності електропостачання споживачів.

Проведений аналіз облаштування електротехнічних пристроїв в приміщеннях закладу та заходів щодо дотримання вимог до електроосвітлення приміщень, яке передбачено робочим, аварійним, евакуаційним і черговим.

Досліджена експериментальна модель виходу біогазу з харчових відходів типу відходів господарчої діяльності закладу, що робить можливим впровадження подібних замкнених технологій для утилізації харчових відходів та часткової компенсації витрат електроенергії завдяки наявності відновлюваного джерела енергії.

Виконаний розрахунок електричних навантажень силової та освітлювальної мережі, впроваджені заходи зміни діючої електричної схеми живлення електроспоживачів, вибрані ефективні січення проводів та кабелів, виконаний розрахунок струмів короткого замикання.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, ПІДЛОГОВЕ ОПАЛЕННЯ, СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ, УТИЛІЗАЦІЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Принципи організації предметного середовища для дітей	9
1.2 Облаштування електротехнічних пристроїв в приміщеннях ДНЗ	9
1.3 Загальна характеристика дитсадка–ясел ДНЗ №13	11
1.4 Визначення категорії надійності і вибір схеми силової мережі	13
1.5 Загальна характеристика електроспоживання дитсадка	15
1.6 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів	16
1.7 Особливості використання електричної кабельної системи опалення	20
1.8 Висновки до розділу	23
2 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	25
РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДНЗ ТА ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ЙОГО БІОЛОГІЧНИХ ВІДХОДІВ	24
2.1 Вибір схеми електропостачання дошкільного навчального закладу	24
2.2 Розрахунок електричних навантажень силової мережі дитсадка	27
2.3 Визначення розрахункових навантажень обладнання дитсадка	29
2.4 Розрахунок електричного освітлення приміщень закладу	31
2.5 Розрахунок навантаження силового трансформатора	38
2.6 Дослідження концепції виробництва біогазу з газомісткої	

органічної сировини	39
2.7 Дослідження моделі екологічної оптимізації маловідходної технології переробки органічної сировини	40
2.8 Дослідження моделі ефективності біоустановок для комплексної переробки органічних відходів	42
2.9 Висновки до розділу	45
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1 Вибір захисної апаратури електромережі дитячого закладу	46
3.2 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів	54
3.3 Кабельний журнал	59
3.4 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора	59
3.5 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності	64
3.6 Висновки до розділу	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Заходи з електробезпеки в приміщеннях дитячих закладів	67
4.2 Заходи протипожежної безпеки в дошкільних навчальних закладах	70
4.3 Підвищення стійкості функціонування дитячого закладу в умовах можливих надзвичайних ситуацій	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	77

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасною тенденцією виховного процесу в дитячих дошкільних закладах (ДНЗ) є збільшення їх спеціалізації на виховання дітей старшого дошкільного віку, яка спрямована на підготовку дітей до школи. Дослідження авторів: Гайказової Р. Т., Костикіної Т. Д., Єрошиної Г. М. [4, 11] показують, що: «... діти прагнуть до активної взаємодії зі своїм оточенням, воліють будувати власний світ, а не одержувати його готовим».

Для створення комфортного середовища перебування дітей у дошкільному закладі дорослим необхідно систематично впроваджувати соціально-економічні, енергетичні, комунально-побутові заходи в буденну діяльність таких закладів. Одним із таких заходів є створювана система електропостачання, яка повинна відповідати нормативам [6, 8, 9, 18] і мати строгу відповідність категорії щодо надійності електропостачання, достатні навантажувальні характеристики, здатність реагування в надзвичайних ситуаціях.

Додатковим заходом комфортності й енергоефективності є сучасні системи електричного кабельного «підлогового опалення», які для дитячих закладів необхідно встановлювати особливо ретельно та у відповідності з нормативами [7, 9]. Повна автоматизація роботи таких систем й автономія у виборі споживачем комфортної температури повітря в кожному приміщенні дозволяє додатково знизити витрату тепла на опалення у межах (20 ...30)%.

У відповідності до свого функціонального призначення для харчування дітей дошкільні заклади переробляють значну кількість продовольчих товарів. Проблема утилізації харчових відходів є досить нагальною для подібних закладів як з точки зору екологічного навантаження на довкілля, так і порушення принципів безвідходності технологічних процесів. Саме таким дослідженням та пошукам способів і методів подолання проблеми харчових відходів з одночасним отриманням поновлюваного джерела енергії у вигляді біогазу приділили достатньо уваги автори: Волошин М. Д., Гаценко К. В., Кучерук П. П., Матвеев Ю. Б., Луньова О. В., Ратушняк Г. С., Анохіна К. В., Степанов Д. В., Строкаль В. П., Ковпак А. В., Чміль А. І., Олійник Ю. О., Юркова В. В., Шкляр В. І., Дубровська В. В. в [3, 13, 14, 22, 25, 26, 27, 28, 29].

Таким чином, реконструкція системи електропостачання комплексу обладнання та устаткування дитсадка для забезпечення його ефективного функціонування із дотриманням безпечних і комфортних умов перебування у ньому дітей дошкільного віку, а також, принаймні, часткове вирішення проблем екологізації довкілля залишається актуальною тематикою.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності господарчої діяльності дитячого закладу шляхом комплексної модернізації схеми електропостачання для покращення комфортних умов перебування дітей у садку та забезпечення енергозбереження.

Поставлена в кваліфікаційній роботі мета вимагає вирішення таких задач:

- аналіз заходів для комплексної реконструкції системи електропостачання для підвищення її надійності та енергоефективності;
- аналіз математичних моделей для оцінювання показників безвідходності господарчого комплексу закладу, а також утилізації його харчових відходів з можливістю отримання відновлюваного джерела енергії - біогазу;
- аналіз ефективності впровадження електричного «підлогового опалення» для підігріву окремих зон приміщень й зменшення витрат електроенергії на опалення дитячого закладу;
- комплексний розрахунок режимів роботи обладнання електромережі дитячого закладу з вибором відповідного високовольтного й низьковольтного електрообладнання та січення кабелів і проводів.

Об'єкт дослідження - процес підвищення енергоефективності дитячого закладу шляхом оптимізації витрат електроенергії в його електромережі.

Предмет дослідження - техніко–експлуатаційні характеристики електрообладнання силової мережі дитсадка, необхідні для забезпечення надійності та безперебійності енергопостачання.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Дістало подальший розвиток дослідження заходів зменшення витрат електроенергії на опалення приміщень внаслідок впровадження електричної кабельної системи «підлогового опалення» окремих зон приміщень.
- Запропонована модель екологічної утилізації харчових відходів господарчого комплексу закладу з можливістю часткової компенсації

електроенергії за допомогою використання згенерованого біогазу.

Практичне значення отриманих результатів. Схемо–технічне рішення дворівневого опалення приміщень та їх окремих зон за допомогою електродних котлів й «підлогового опалення» дозволить суттєво знизити витрати електроенергії та покращити енергоефективність її використання.

Апробація. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на IX-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя [2].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (29 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 79 стор., 9 табл., 8 рис.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Сучасною тенденцією виховного процесу в дитячих дошкільних закладах (ДНЗ) є збільшення їх спеціалізації на виховання дітей старшого дошкільного віку, яка має мету підготовки дітей до школи. В переважній більшості випадків перебування дитини в дитсадку позитивно позначається на її розвитку, а сам дитсадок є дуже сприятливим середовищем для отримання знань та умінь.

1.1 Принципи організації предметного середовища для дітей

Фахівці з проблем дитячого устаткування вважають, що діти прагнуть мати своє власне середовище, яке ними ж створене. Дослідження авторів: Єрошиної Г. М. в [11] та Гайказової Р. Т. в [4] вказують, що діти прагнуть побудувати свій власний світ, а не одержувати його готовим. При цьому, іграшки та ігри здійснюють зв'язок дитини з дорослим середовищем, а дитячі меблі перетворюються в меблі-конструктор і перестають бути традиційними меблями. Матеріали для виготовлення таких меблів також трансформуються у більш легкі та конструктивні - картон, полімери та ін.

1.2 Облаштування електротехнічних пристроїв в приміщеннях ДНЗ

За ступенем надійності електропостачання споживачі електроенергії дитячих дошкільних установ відносяться до II категорії [6, 18].

Електропостачання здійснюється, як правило, кабельними лініями.

Ввідно-розподільний пристрій (ВРП) встановлюється в електрощитовому приміщенні, розташованому на першому поверсі будівлі. ВРП складається з ввідних і розподільних панелей. До ввідної панелі підводяться **дві живильні лінії від різних трансформаторів двох трансформаторних підстанцій** [6].

Силові розподільні пункти слід встановлювати в центрі навантажень.

Електричні мережі вибираються відповідно до (ПУЕ) [18] за умовами допустимого нагрівання, втрат напруги та відповідності прийнятих перерізів струмів апаратів захисту.

Облік електроенергії здійснюється на ввідно-розподільчому пристрої; для харчоблоку - самостійний і здійснюється на розподільній панелі.

Електроосвітлення повинно передбачатися: робоче, аварійне, евакуаційне (аварійне для евакуації) і чергове. Для чергового освітлення використовуються світильники евакуаційного освітлення. Світильники аварійного та евакуаційного освітлення виділяються з числа світильників робочого освітлення і позначаються спеціальними знаками [6, 23]. Величини освітленостей приймаються згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» і вказуються на планах.

Установку штепсельних розеток слід передбачати в таких приміщеннях: кімнаті для спеціальних занять, роздягальнях, групових, залах для музичних та фізкультурних занять, медичній кімнаті, приймальні ізолятора, процедурному кабінеті завідувача, кімнатах персоналу, завгоспа, кастелянтській, а також коридорах. У кімнаті для спеціальних занять, роздягальнях, групових, залах для музичних та фізкультурних занять штепсельні розетки слід встановлювати на **висоті 1,8 м від підлоги** [6, 19].

У спальнях і палатах ізолятора слід передбачати пристрої для чергового (нічного) освітлення, приєднані до мережі евакуаційного освітлення.

У будинках дитячих дошкільних закладів слід передбачати пристрої **автоматичної** теплової пожежної сигналізації у всіх приміщеннях, крім: туалетних, душових, пральних-розбірних, комор овочів, охолоджуваних камер, бойлерної, насосної, вентиляційних камер. Установка **ручних** пожежних сповіщувачів в будівлі дитячих дошкільних установ **виключається** [6].

Пожежна сигналізація проводиться від приймально-контрольних охоронно-пожежних приладів, що встановлюються в кабінеті завідувача.

1.3 Загальна характеристика дитсадка–ясел ДНЗ №13

Напрямок діяльності дитячого дошкільного навчального закладу загального типу №13 – виховання і навчання дітей дошкільного віку в кількості до 120 осіб в 5–ти садкових та 3–х ясельних групах.

До складу ДНЗ №13 входять такі основні та допоміжні функціональні підрозділи:

– 8 груп для дітей у складі приймального, ігрового й навчального, спального приміщень, комори для чистої білизни та посуду, санвузла, обладнаного умивальниками, ванночкою для запирання, душовою та туалетними кабінами: ясельна раннього віку – 1 група; ясельна молодшого віку – 1 група; садкова молодшого віку – 1 група; садкова середнього віку – 1 група; садкова старшого віку – 2 групи; садкова підготовча дошкільного віку – 2 групи, а також загальний для всіх груп зал для фізкультурних та музичних занять;

– кабінети: завідувача закладом, методичний, логопедичний;

– медпункт: приймальня, процедурна; ізолятор у складі приймального, спального приміщень та санвузла;

– господарська частина: кімнати завгоспа та персоналу; кухня з підсобними приміщеннями; санвузол; пральне, сушильне, прасувальне та кастелянтське приміщення;

– електрощитова та котельне приміщення.

На листі креслення поданий план території ДНЗ №13 по вул. Добровольського, 7 м. Черкаси. У відповідності з вимогами нормативної документації територія озеленена, має 5 дитячих майданчиків, центральну пішохідну алею та окремі в'їзд до господарських приміщень й майстерню з ремонту устаткування дитсадка.

На рис. 2.1 *Розрахунково-дослідницького розділу* поданий план приміщень дошкільного навчального закладу.

В таблиці 1.1 поданий перелік приміщень дитсадка та їх площі згідно плану.

Таблиця 1.1 Перелік приміщень ДНЗ №3

№ з/п згідно плану	Назва приміщення	Площа, м ²
Приміщення 1-го поверху		
1.	Електрощитова	8,0
2.	Котельня	9,6
3.	Коридор (2 шт.)	43,7
3.1	Сходи	7,2
3.2	Сходи	7,2
3.3	Тамбур вхідний	3,0
3.4	Тамбур вхідний	3,0
4.	Коридор	16,3

5.	Приймальня дитяча (3 шт.)	24,5
6.	Групова (ігрова) (2 шт.)	50,6
7.	Спальня (2 шт.)	87,6
8.	Спальня	50,4
9.	Вбирально-туалетна (3 шт.)	23,6
10.	Буфетна (комора для посуду) (3 шт.)	5,1
11.	Групова (ігрова)	42,0
12.	Їдальня (ясельна група)	36,0
13.	Спортзал	125,0
14.	Туалет персоналу дитсадка (2 шт.)	6,2
15.	Пральня ясельної групи	9,0
16.	Сушильня-прасувальня ясельної групи	9,0
17.	Коридор ясельної групи	12,8
18.	Тамбур-розвантажувальна	10,8
19.	Овочевий цех	4,9
20.	Цех готових страв	7,2
21.	М'ясо-рибний цех	6,4
22.	Цех гарячих страв	7,2
23.	Мийна посуду	8,3
24.	Приймальня посуду для миття	4,1

Продовження таблиці 1.1

25.	Комора для сухих продуктів	5,0
26.	Гардероб-душ-туалет для персоналу харчоблоку	10,6
27.	Палата ізолятора	18,8
33.	Коридор харчоблоку	14,8
39.	Майданчик для дитячого інвентаря	24,0
40.	Виробнича дільниця майстерні	13,8
41.	Гардеробна майстерні	4,2

Приміщення 2-го поверху

3.	Коридор	43,7
3.1	Сходи	7,2
5.	Приймальня дитяча (3 шт.)	24,5
6.	Групова (ігрова) (3 шт.)	50,6
7.	Спальня (2 шт.)	87,6
8.	Спальня	50,4

Продовження таблиці 1.1

9.	Вбирально-туалетна	23.6
10.	Буфетна (комора для посуду)	5.1
14.	Туалети персоналу дитсадка	6.2
28.	Концертний зал	198.0
29.	Гардероб	16.0
30.	Коридор	20.4
31.	Коридор	32.4
31.1	Сходи	7.2
32.	Коридор	9.6
34.	Приймальня медблоку	16.4
35.	Процедурний кабінет	16.4
36.	Комора медблоку	3.8
37.	Завідувач господарства	12.2
38.	Завідувач дитсадка-ясел	20.0

Всі виробничі приміщення характеризуються наявністю двох умов підвищеної небезпеки: струмопровідні залізобетонні, часто вологі, підлоги й можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будівлі, технологічних апаратів і механізмів, що мають з'єднання із землею з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання - з іншого боку.

1.4 Визначення категорії надійності і вибір схеми силової мережі

Згідно розділу 1.2 ПУЕ [18] та ДБН В.2.2-4-1997 [6] дитячі дошкільні установи відносяться до об'єктів **II-ї категорії** за надійністю електропостачання; при цьому частина споживачів дитячих дошкільних установ: інженерні системи пожежного захисту будівлі (ІСПЗ), обладнання ІТП, системи пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу (в т.ч. світлові покажчики на шляхах евакуації) забезпечуються електропостачанням згідно **I-ї категорії**.

Електропостачання дитячих дошкільних установ повинно бути виконано від двох незалежних джерел двома незалежними лініями, прокладеними з урахуванням мінімізації ризику одночасного пошкодження цих ліній, в тому числі і на ділянці прокладення ліній у техпідпіллі будівлі [6].

Для під'єднання основних споживачів будівлі дитячого закладу проектується ввідно-розподільний пристрій (ВРП) з можливістю ручного перемикачів навантажень в аварійному режимі, для чого на одному з вводів резервується відповідна лінія. Для споживачів I-ї категорії надійності

електропостачання встановлюється введення резерву (ВРП АВР - одне або декілька), які виконують зазначені перемикання в автоматичному режимі.

Для живлення споживачів пожежного захисту, аварійного освітлення, світлових покажчиків і т. ін. слід передбачити стаціонарно встановлене і підключене до мережі зазначених споживачів автономне джерело струму, що забезпечує їх функціонування протягом розрахункового часу або протягом часу, необхідного для доставки і підключення резервного джерела живлення.

Для під'єднання інженерних систем пожежного захисту (ІСПЗ) слід передбачати окремий пристрій ВРП АВР, розміщений у пожежному відсіку в електрощитовій, виділеному технічному приміщенні або електротехнічній шафі необхідної вогнестійкості.

Необхідна вогнестійкість ліній електроживлення забезпечується вибором марки кабелю (з ізоляцією типу FRLS або HFRL згідно табл.1 ГОСТ Р 53315-2009), способом прокладки лінії, вогнестійкістю будівельних конструкцій [6].

Всі мережі всередині будівлі дитячих дошкільних установ, не призначені для пожежного захисту та оповіщення, повинні бути виконані проводами і кабелями з ізоляцією типу: нг-LSLTx, нг-HFLTx (табл. 2 ГОСТ Р 53315-2009) для зниження ймовірності отруєння дітей при пожежі токсичними продуктами горіння ізоляції.

Електропостачання дитячих дошкільних установ здійснюється, як правило, кабельними лініями. Кабельні мережі прокладаються в землі, в траншеї (рідше - в колекторі). Розподіл електроенергії до силових розподільних щитів та пунктів здійснюється згідно **магістральної** схеми [6, 20].

В цілому електроприймачі ДНЗ №13 відносяться до споживачів II-ї та I-ї категорій навантаження. Згідно з проведеним аналізом загальна кількість споживачів II-ї категорії становить 80%; усі інші споживачі (система сигналізації, евакуаційні світильники й світлові покажчики в коридорах, світильники в групах) віднесені до I-ї категорії.

1.5 Загальна характеристика електроспоживання дитсадка

Основними споживачами електроенергії дитсадка є електроприймачі -

промислове обладнання та устаткування, встановлене у відповідності з технологічним регламентом дитсадка–ясел: електроплити для приготування їжі та холодильні камери; пральні машини, конвектори для сушіння білизни, електропраски; електродні котли для опалювання приміщень закладу в опалювальний сезон та установки електричного кабельного опалювання (ЕКО) для додаткового підігріву окремих зон приміщень; електроприводи технологічного обладнання, вентиляторів системи кондиціонування повітря, станків майстерні; водонагрівачі й резистивні нагрівачі опалювального обладнання; термічне обладнання сушарок; медичне устаткування; розетки для побутових приладів; світильники робочого та евакуаційного освітлення.

Електропостачання ДНЗ №13 на даний час здійснюється одним силовим кабелем від комплектної однострансформаторної підстанції №248 10/0,4 кВ потужністю 250 кВ·А, розташованої на відстані 150 м від електрощитової дитячого садка. Джерелом електропостачання ДНЗ №13 є комплектна підстанція «Черкаси–2» 35/10 кВ потужністю 4000 кВ·А.

Після реконструкції електропостачання буде здійснюватись двома силовими кабелями: від КТП № 248 10/0,4 кВ потужністю 630 кВ·А й від однострансформаторної підстанції №246 10/0,4 кВ потужністю 630 кВ·А, розташованої на відстані 750 м від електрощитової садка, які по напрузі 10 кВ заживлені від центрального розподільчого пункту - ПС «Черкаси–2».

Загальна встановлена потужність електроприймачів ДНЗ №13 після реконструкції системи електропостачання в опалювальний період становитиме 320 кВт, а в неопалювальний – 130 кВт.

Обслуговування електроприймачів дитсадка, а також інших електроприймачів району електромереж «Черкаси–2» здійснюється майстром району, двома електриками й електриком КВПіА.

1.6 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів

Дитсадок у відповідності до свого функціонального призначення та напрямів основної діяльності складається з таких ділянок: дитячі приміщення 1-

го поверху; дитячі приміщення 2-го поверху; харчоблок; майстерня; котельня.

На листі креслення подана схема електричних з'єднань потужностей ДНЗ №13, розміщених на площах групових приміщень (22 одиниці електрообладнання силової мережі, в тому числі електроприймачі кабельної системи додаткового підлогового опалювання приймалень, ігрових кімнат та спалень), харчоблоку (10 одиниць електрообладнання силової мережі та 19 одиниць електрообладнання, що під'єднуються через розетки), котельні (6 котлів електродних для основного опалювання приміщень), а також майстерні (5 одиниць електрообладнання).

Для підтримання заходів з охорони праці на робочих місцях з шкідливими викидами в харчоблоці встановлені місцеві витяжні вводи, об'єднані в єдину витяжну систему з приточно-витяжним пристроєм типу W4E350-CP06-31.

Всі одиниці обладнання, які потребують місцевого освітлення оснащені світильниками освітлення робочого місця типу НКП 03–60. Можлива заміна світильників на більш енергоефективні - світлодіодні зі збереженням світлового потоку й денного спектру випромінювання.

В таблиці 1.2 поданий перелік потужностей дитсадка–ясел з вказаними номінальними характеристиками обладнання.

Таблиця 1.2 - Перелік потужностей дитсадка–ясел

№ з/п позиції	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	Номінал напруги, кВ	cosφ
1.	ХАРЧОБЛОК				
1.1	М'ясо – рибний цех				
1.1.1р	FSG M 103	Пилка для м'яса	0,75	0,22	0,75
1.1.2р	FSG M 103	Пилка для риби	0,75	0,22	0,75
1.1.3р	TS 22-FTS-136	М'ясорубка для м'яса	1,10	0,38	0,80
1.1.4р	TS 22-FTS-136	М'ясорубка для риби	1,10	0,38	0,80
1.1.5р	CAS LP-30R	Вага електронна	0,10	0,22	0,85
1.1.6	KSY-40 ERGO	Кип'ятильник (40л)	3,0	0,22	0,85
1.2	Овочевий цех				
1.2.1р	МК-8000	Соковитискач	0,80	0,22	0,75
1.2.2р	МК-8000	Соковитискач	0,80	0,22	0,75
1.2.3р	МК-767	Блендер (2л)	1,20	0,22	0,80
1.2.4р	CL52 Coupe	Пристрій овоченарізний	0,75	0,22	0,75

1.2.5p	МОК-300	Картоплеочишувач	1,0	0,22	0,75
1.1.6p	CAS LP-30R	Вага електронна	0,10	0,22	0,85
1.3	Цех готових страв				
1.3.1p	RTR-160L	Вітрина теплова	1,50	0,22	0,95
1.3.2p	RTR-160L	Вітрина теплова	1,50	0,22	0,95
1.3.3p	W4E350-CH06-31	Пристрій приточн-витяжн	1,40	0,22	0,75
1.4	Цех гарячих страв				
1.4.1	JB35-2 ERGO	Жарка для млинців	6,0	0,22	0,95
1.4.2p	CAS LP-30R	Вага електронна	0,10	0,22	0,85
1.4.3p	MPT-400	Машина тісторозкатна	0,40	0,38	0,75
1.4.4	ЭП-4ЖШ	Плита електрична жарочна промислова (4 комф.)	16,5	0,38	0,95
1.4.5	КПЭ-60	Котел електричний для варіння (60л)	9,45	0,38	0,95
1.4.6	КПЭ-60	Котел електричний для варіння (60л)	9,45	0,38	0,95

Продовження таблиці 1.2

1.4.7	КПЭ-60	Котел електричний для варіння (60л)	9,45	0,38	0,95
1.4.8	KSY-40 ERGO	Кип'ятильник (40л)	3,0	0,22	0,85
1.5	Мийна посуду				
1.5.1	МПФ-30-01	Машина електрична посудомийна	10,0	0,38	0,80
1.5.2	КЭНД100-03	Кип'ятильник для води неперервної дії (100л)	10,0	0,38	0,95
1.6	Комора для сухих продуктів				
1.6.1	КХН-2-6	Камера холодильна	2,85	0,38	0,80
1.6.2p	MXM 5012-016	Холодильник побутовий	0,75	0,22	0,75
1.7	Гардероб–душ–туалет для персоналу				
1.7.1p	ABS PRO ECO 100V Ariston	Водонагрівач електричн. накопичувальний	1,50	0,22	0,95

Продовження таблиці 1.2

1.7.2р	MGU3.037.18TA	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2х2Р+Е, захисними шторками та кришкою	0,50	0,22	0,75
2.	ПРАЛЬНИЙ БЛОК ЯСЕЛЬНОЇ ГРУПИ				
2.1	Пральня				
2.1.1	LG WD-10467 BD	Машина пральна (13кг)	2,2	0,22	0,75
2.1.2.р	ABS PRO ECO 100V Ariston	Водонагрівач електричн. накопичувальний	1,50	0,22	0,95
2.1.3	UHM 016	Машина прально-відтискна	12,0	0,38	0,75
2.2	Сушильня (прасувальня)				
2.2.1	UU 025	Машина сушильна	12,0	0,38	0,85
2.2.2	IRI-1400/30	Машина прасувальнао	10,84	0,38	0,85
2.2.3р	BOSCH	Праска електр. побутова	2,0	0,22	0,95
3.	КОТЕЛЬНЯ				
3.1	Вулкан-25	Котел електродний для опалювання приміщень (850 м ³ /1,5атм/80 ⁰ С)	25,0	0,38	0,95
3.2					
3.3					
3.4					
3.5					
3.6					
3.7	BeeRT+Auraton 2005	Блок управління (клімат-контроль)	1,0	0,22	0,80
4.	МЕДИЧНИЙ БЛОК				
4.1	Приймальня				
4.1.1р	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2х2Р+Е, захисними шторками	0,5	0,22	0,75
4.1.2р					
4.2	Процедурний кабінет				
4.2.1р	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2х2Р+Е, захисними шторками	0,5	0,22	0,75
4.2.4р					
4.3	Палата ізолятора				
4.3.1р	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2х2Р+Е, захисними шторками	0,5	0,22	0,75
4.3.2					
5.	ДИТЯЧІ ГРУПОВІ ПРИМІЩЕННЯ				
5.1	Приймальня				
5.1.1	DTIF-150x7м	Мат кабельний нагрівальний DEVI довж.7м	0,49	0,22	0,95
5.1.6					
5.1.6					
5.2	Групова (ігрова)				
5.2.1	DTIF-150x21м	Мат кабельний нагрівальний DEVI довж.21м	1,52	0,22	0,95
5.2.5					
5.2.6	DTIF-150x17м	Мат кабельний нагрівальний DEVI довж.17м	1,25	0,22	0,95
5.2.7р	MGU3.037.18TA	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2х2Р+Е, захисними шторками та кришкою	0,50	0,22	0,75
5.2.12р					

Продовження таблиці 1.2

5.3	Спальня				
5.3.1 ... 5.3.4	DTIF-150x51м	Мат кабельний нагрівальний DEVI довж.17м	3,76 x4	0,22	0,95
5.3.5 5.3.6	DTIF-150x31м	Мат кабельний нагрівальний DEVI довж.17м	2,21 x2	0,22	0,95
5.4	Вбирально-туалетні кімнати				
5.4.1p ... 5.4.6p	ABS PRO ECO 100V Ariston	Водонагрівач електрич. накопичувальний	1,50 x6	0,22	0,95
5.5	Концертно-фізкультурні зали				
5.5.1p ... 5.5.5p	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками	0,5 x5	0,22	0,75
5.6	Гардеробна концертного залу				
5.6.1p	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками	0,5	0,22	0,75
6.	КОРИДОРИ ЗАКЛАДУ				
6.1p ... 6.11p	MGU3.037.18TA	Розетка подвійна із заземлюю- чим контактом 2x2P+E, захис- ними шторками та кришкою	0,50 x11	0,22	0,75
7.	ТУАЛЕТИ ПЕРСОНАЛУ				
7.1p ... 7.4p	VGF-3015A	Водонагрівач електричний накопичувальний (30л)	1,50 x4	0,22	0,95
8.	ПРИМІЩЕННЯ АДМІНІСТРАЦІЇ ДИТСАДКА				
8.1	Завідувач господарством				
8.1.1p 8.1.2p	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками	0,5 x2	0,22	0,75
8.2	Завідувач дитсадком-яслами				
8.2.1p 8.2.2p	MGU23.067.18	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками	0,5 x2	0,22	0,75
9.	МАЙСТЕРНЯ				
9.1	Виробнича ділянка				
9.1.1p	УБДН-6М	Верстат деревообробний функціональний	1,50	0,22	0,75
9.1.2	ТСБ-202	Трансформатор зварювальний	5,5 7,5 9,5	0,22	0,60
9.1.3p	JET JDP - 8	Верстат свердлильний настільний	0,45	0,22	0,75
9.1.4p 9.1.5p	MGU3.037.18TA	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками та кришкою	0,50 x2	0,22	0,75
9.2	Гардеробна				
9.2.1p	MGU3.037.18TA	Розетка подвійна із заземлюючим контактом 2x2P+E, захисними шторками та кришкою	0,50	0,22	0,75

Основними споживачами електричної енергії є: технологічне обладнання з електроприводами асинхронними двигунами; нагрівні елементи опору електродпечей, сушильних шаф, кип'ятильників та кабельних елементів

підлогового опалення; електродвигуни вентиляційної системи; освітлювальна мережа. Споживана цими електроприймачами потужність буде розрахована у розділі 2.

1.7 Особливості використання електричної кабельної системи опалення

Правильно обрані системи опалення створюють у приміщенні тепловий комфорт і затишок і значно скоротять витрати на опалення. Одним з таких рішень є електрична система опалення (ЕСО або ЕКСО - електрична кабельна система опалення), що передає тепло повітрю приміщення шляхом нагрівання будівельних конструкцій, що обгороджують.

Принципова відмінність традиційного опалення радіаторами різної конструкції і площинного опалення складається в різному русі повітряних потоків і розподілі температур повітря в просторі приміщення.

При «площинному» опаленні тепло в приміщенні передається від будівельних конструкцій, що обгороджують (підлога, стеля або стіни). Підлога і стіни тепліші, ніж при конвекційному опаленні. У цьому полягає перевага панельно-променистого опалення, як з погляду теплового комфорту, так і використання енергії [7].

Завдяки оптимальному з теплотехнічної точки зору розташуванню нагрівального кабелю в підлозі створюється комфортний для людини перепад температур повітря по висоті приміщення від ніг до голови і можливість знизити середню температуру повітря в приміщенні на 3-4°C. Це означає економію тепла на опалення на 15-20% (кожен градус тепла приводить до перевитрати первинного палива на 4-7%).

Повна автоматизація роботи ЕСО й автономія у виборі споживачем комфортної температури повітря в кожному приміщенні дозволяє додатково знизити витрату тепла на опалення в приміщеннях у межах (20 ...30)%.

ЕСО у вигляді комфортної «теплої підлоги» може бути використана й у приміщеннях із вже існуючими традиційними системами опалення. Повна розрахункова потужність ЕСО визначається з такого співвідношення [7]:

$$P_{\text{сист}} = Q_{\text{мін}} (1 + k_{\text{неточн}} + k_{\text{орієнт}} + k_{\text{імов}}) + Q_{\text{вент}} - Q_{\text{тепл.дж}}, \text{ кВт},$$

де $Q_{мін}$ - сумарні втрати теплоти через конструкції приміщення, $кВт$;

$k_{неточн}$ - коефіцієнт неточності розрахунку тепловтрат (0,1 ... 0,2);

$k_{орієнт}$ - коефіцієнт орієнтації приміщення (на півн. захід, півн. схід - +0,05;

півд. захід, півд. схід - -0,05; захід, схід - 0);

$k_{імов}$ - коефіцієнт можливості відключення електроенергії (1,15 і 1,20);

$Q_{вент}$ - тепловтрати, зумовлені роботою вентиляції, $кВт$;

$Q_{ін.тепл.джер.}$ - сумарний притік теплоти від інших джерел, що знаходяться в кімнаті, $кВт$.

Споживання електричної енергії ЕКСО за опалювальний сезон складає:

$$E = 24 \cdot P_{оп\ ср} \cdot n_{гр.-дн} \cdot k_{прим}, \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де $n_{гр.-дн}$ - число градусо-днів в опалювальному сезоні, що визначається із

співвідношення $n_{гр.-дн} = T_{оп} \cdot (t_{внутр} - t_{норм.порівн})$;

$P_{оп\ ср}$ - середня ел. потужність ЕКСО за опалювальний сезон, $кВт$;

$T_{оп}$ - тривалість опалювального сезону, діб.;

$k_{прим}$ - коефіцієнт, що враховує споживання електроенергії для різних типів приміщень: житлових - 0,8, офісів - 0,7, лікувальних - 0,9.

Слід зазначити, що в ряді випадків (наприклад, при реконструкції будинків і приміщень) як базисна система опалення може бути використане існуюче опалення (наприклад, водяне) зниженої потужності, а догрів повітря може здійснюватися електричним опаленням («тепла підлога») [9].

До складу ЕСО входять: нагрівальні (гріючі) кабелі спеціальної конструкції і характеристик, з'єднані за допомогою муфт заводського виготовлення, що підводять (холодними) кабелями в нагрівальні секції; автоматичні пристрої регулювання температури з датчиком (або комбінацією датчиків) і пуско-захисна апаратура. ЕКСО - електро- і пожегобезпечна система, що визначається як вибором пуско-захисної апаратури відповідно до ПУЕ [18], так і конструкцією самого нагрівального кабелю. Електробезпечність нагрівального кабелю забезпечується наявністю екрану або бронею і подвійною ізоляцією, а пожегобезпечність - матеріалами, з яких він виготовлений. Ефективне зносостійке ізоляційне покриття нагрівального кабелю надійно охороняє його від корозії і

зносу.

При монтажі ЕКСО нагрівальний кабель за допомогою сполучних кабелів підключається через регулятор температури до мережі змінного струму 220 або 380 В. Регулятор встановлюється на стіні приміщення і є єдиною видимою частиною системи.

Апаратура захисту від перевантажень, коротких замикань і струмів витоку повинна включати: пристрій захисного відключення; автоматичні вимикачі, обрані по максимальному струму в силовому колі та селективності.

Силові кабелі для підведення живлення до схеми повинні мати перетин жил, що відповідає потужності системи і вимогам ПУЕ [7].

1.7.1 Системи електричного кабельного опалення типу «DEVI».

На рис. 1.1 поданий фрагмент системи електричного кабельного опалення типу «DEVI», що складаються з нагрівальних кабелів «Deviflex», терморегуляторів «Devireg» і монтажного обладнання.

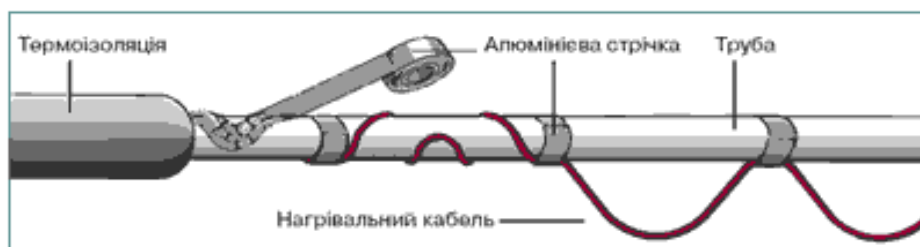


Рисунок 1.1 – Монтаж нагрівального кабелю на трубу

Нагрівальний кабель - відносно жорсткий, що робить установлення більш легким для прямих ділянок труб.

1.8 Висновки до розділу

1. Проведений аналіз предметного середовища для дітей в дитячих дошкільних закладах, де повинно використовуватись їх прагнення будувати власний світ, а не отримувати його від дорослих.

2. Проведений аналіз облаштування електротехнічних пристроїв в приміщеннях дитячих закладів. До ввідної панелі ввідно-розподільчого пристрою повинні підводитись дві живильні лінії від різних трансформаторів двох

трансформаторних підстанцій.

3. Облік електроенергії повинен здійснюватись на ввідно-розподільчому пристрої; для харчоблоку використовується самостійний обліковий пристрій.

4. Проведений аналіз вимог до електроосвітлення приміщень закладу, яке передбачається робочим, аварійним, евакуаційним (аварійне для евакуації) і черговим. Для чергового освітлення використовуються світильники евакуаційного освітлення.

5. Подана загальна характеристика дитсадка з переліком приміщень та їх площею. Визначені приміщення з умовами підвищеної небезпеки.

6. Проведений аналіз категорії надійності електропостачання закладу та проведений вибір схеми силової мережі. Визначений метод під'єднання до електромережі інженерних систем пожежного захисту.

7. Проведений аналіз загальної характеристики електроспоживання дитсадка й поданий перелік його потужностей. Визначені трансформаторні підстанції, які підлягають модернізації для виконання умов електроспоживання.

8. Проведений аналіз особливостей використання електричної кабельної системи опалення. Наведені економічні й комфортні переваги такої системи опалення приміщень завдяки оптимальному з теплотехнічної точки зору розташуванню нагрівального кабелю в підлозі.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДНЗ ТА ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ЙОГО БІОЛОГІЧНИХ ВІДХОДІВ

2.1 Вибір схеми електропостачання дошкільного навчального закладу

Оскільки темою кваліфікаційної роботи є реконструкція системи електропостачання обладнання та електроустановок дошкільного навчального закладу для забезпечення її енергоефективності користуємось існуючим розташуванням потужностей закладу.

На плані дитсадка (див. рис. 2.1 - План приміщень ДНЗ №13) відмічаємо місця розташування обладнання. Електричне живлення дитсадка буде здійснюватись двома кабелями, прокладеними від КТП №248–630–10/0,4 кВ та від КТП №246–630–10/0,4 кВ, які мають спільне джерело живлення тільки по високій напрузі 10 кВ від центрального розподільчого пункту ЦРП №2 «Черкаси–2» до *ввідно – розподільчого пристрою (ВРП)* садка–ясел закритою проводкою.

Відзначаємо, що основна частина електроприймачів дитсадка розташована згідно технологічного регламенту забезпечення життєдіяльності як дитячого колективу, так і самого садка. Відповідно до цього розташовуємо розподільні пристрої в приміщеннях закладу, рівномірно розподіляючи електроприймачі між ними. В результаті проведених дій розподільні пристрої (РП) в кількості 5 шт. будуть розміщені таким чином:

- РП1 (поз. 9.1) (приміщення 18 тамбура–розвантажувальної харчоблоку) – для електроприймачів силової мережі харчоблоку;
- РП2 (поз. 9.2) (там же) – для електроприймачів харчоблоку, що живляться від розеток;
- РП3 (поз. 9.3) (коридор 4 1–го поверху дитсадка) – для електроприймачів силової мережі 1–го поверху;
- РП4 (поз. 9.4) (коридор 32 2–го поверху дитсадка) – для електроприймачів силової мережі 2–го поверху;

– РП5 (поз. 9.5) (приміщення 40 - майстерня) – для електроприймачів силової мережі майстерні.

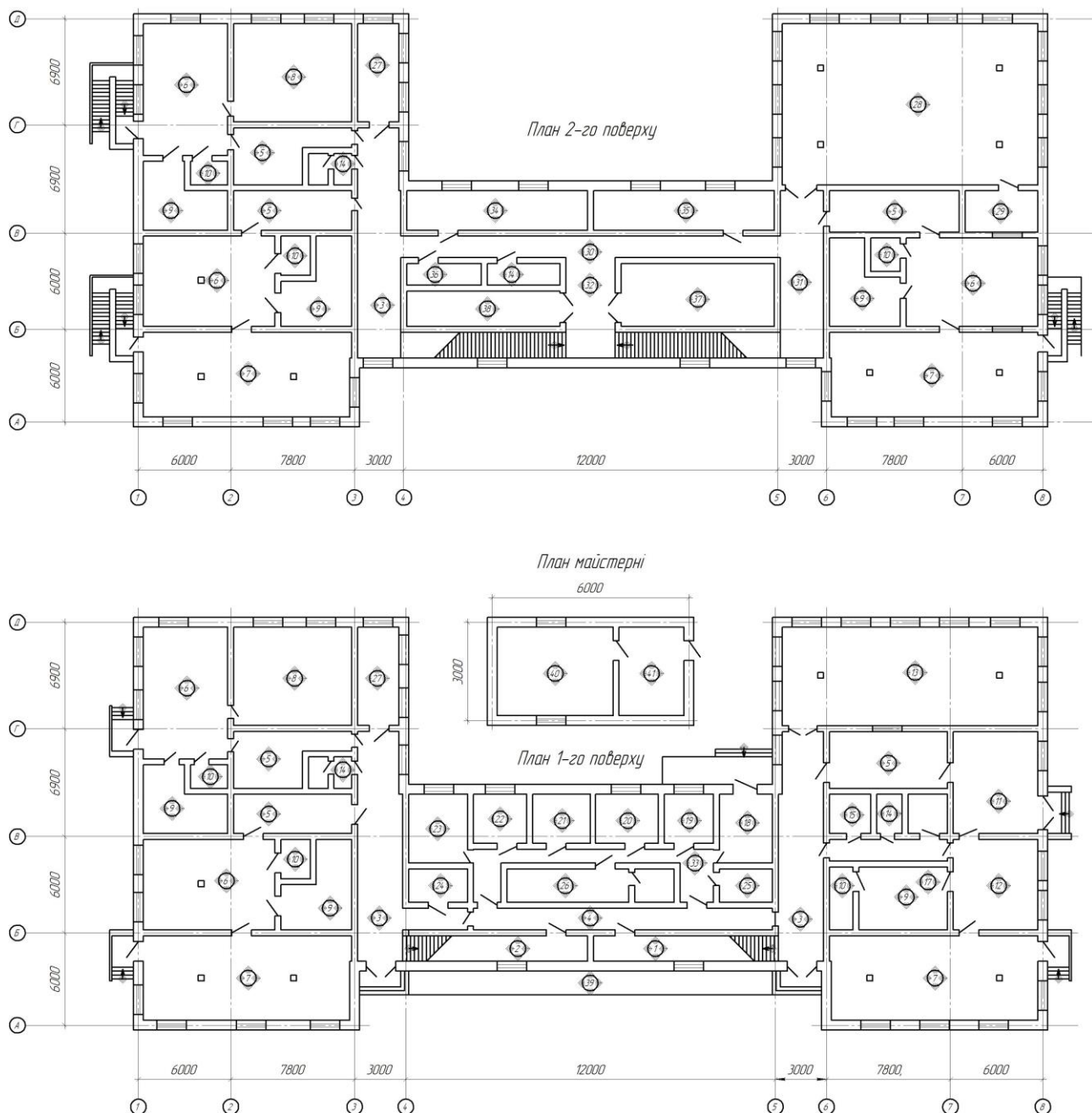


Рисунок 2.1 - План приміщень ДНЗ №3

Відповідно до цього передбачаємо щитки силові (ЩС) в кількості 3 шт. для живлення цих розподільних пристроїв з таким їх розміщенням:

– ЩС1 (поз. 8.1) (приміщення 18 - тамбур–розвантажувальна харчоблоку) – для живлення розподільних пристроїв РП1 та РП2 харчоблоку;

– ЩС2 (поз. 8.2) (приміщення 2 - котельня) – для живлення котлів електродних системи основного опалення дитсадка;

– ЩСЗ (поз. 8.3) (приміщення 1 - електрощитова) – для живлення розподільних пристроїв РПЗ, РП4 силової мережі обох поверхів дитсадка та РП5 – майстерні;

– ввідно-розподільний пристрій (ВРП) (поз. 5) (приміщення 1 - електрощитова) – для живлення щитків силових ЩС1, ЩС2 та ЩСЗ.

Живлення освітлювальної мережі дитсадка та розеток, встановлених у приміщеннях і коридорах дитсадка (крім розеток харчоблоку) здійснено від 4-х щитків робочого освітлення (ЩО1, ЩО2, ЩО3, ЩО4) й 1-го щитка аварійного освітлення (ЩАО) наступним чином:

– ЩО1 (поз. 17.1) (коридор 4 1-го поверху дитсадка) – для живлення розеток 1-го поверху;

– ЩО3 (поз. 17.3) (коридор 30 2-го поверху дитсадка) – для живлення розеток 2-го поверху;

– ЩО4 (поз. 17.4) (приміщення 40 - майстерня) – для розеток майстерні.

Електричне живлення ДНЗ №13 здійснено кабелем марки АСБ-3х25+1х16 (поз.3), прокладеним у землі від КТП №248 (однотрансформаторна підстанція з силовим трансформатором типу ТМЗ-630-10/0,4кВ) до ввідно – розподільного пристрою.

Живлення щитків силових ЩС1, ЩС2, ЩСЗ, розподільних пристроїв РП1 ... РП5, а також щитків освітлювальних ЩО1 ... ЩО4 та ЩАО й електроприймачів здійснено кабелями і проводами, прокладеними вздовж стін у монтажних пластмасових трубах.

2.2 Розрахунок електричних навантажень силової мережі дитсадка

В таблиці 2.1 подані технічні характеристики електричних навантажень електроприймачів силової мережі харчоблоку дитсадка.

Таблиця 2.1 - Розрахунок навантажень електроприймачів силової мережі

№ на плані	Назва	Встановл. потужн. $P_{н}, кВт$	Кількість один.,	Сумарн. потужн., $P_{сум}, кВт$	Коеф. вист.,	$\cos\varphi$ обладнання	$tg\varphi$ обладнання	Сума квадратів встановл.
------------	-------	--------------------------------	------------------	---------------------------------	--------------	--------------------------	------------------------	--------------------------

			n		k_B			потужн., кВт^2
1.1.6	Кип'ятильник	3,0	1	3,0	0,75	0,95	0,33	9,0
1.4.1	Жарка для млинців	6,0	1	6,0	0,60	0,95	0,33	36,0
1.4.4	Плита жарочна	16,5	1	16,5	0,60	0,95	0,33	272,25
1.4.5	Котел для варіння	9,45	3	28,35	0,90	0,95	0,33	267,91
1.4.6								
1.4.7								
1.4.8	Кип'ятильник неперервн.	3,0	1	3,0	0,75	0,95	0,33	9,0
1.5.1	Машина посудомийна	10,0	1	10,0	0,90	0,80	0,75	100,0
1.5.2	Кип'ятильник для води	10,0	1	10,0	0,60	0,95	0,33	100,0
1.6.1	Камера холодильна	2,85	1	2,85	0,90	0,80	0,75	8,12
–	Всього:	–	10	79,7	–	–	–	802,28

Кількість електроприймачів еквівалентна:

$$n_e = \frac{\left(\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \right)^2}{\sum_i P_{Hi}^2 \cdot n_i} = \frac{(79,7)^2}{802,28} = 7,92 \approx 8.$$

Потужність електроприймачів ефективна:

$$P_e = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i}{n_e} = \frac{79,7}{8} = 9,96 \approx 10 [\text{кВт}].$$

Коефіцієнт використання k_B :

$$k_B = \frac{P_e}{P_n} = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}}{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i}; \quad k_B = \frac{61,08}{79,7} = 0,77.$$

Коефіцієнт реактивної потужності середній $\text{tg}\varphi_c$:

$$\text{tg}\varphi_c = \frac{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi} \cdot \text{tg}\varphi_i}{\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}}; \quad \text{tg}\varphi_c = \frac{23,09}{61,08} = 0,378.$$

Коефіцієнт максимуму з використанням впорядкованих діаграм $k_M = f(n_e; k_B)$ [23] для n_e та k_B : $k_M = 1,06$.

Розрахункове навантаження активне електроприймачів харчоблоку становить:

$$P_P = k_M \cdot P_e = k_M \cdot \sum_{i=1}^{10} P_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi} = 1,06 \cdot 61,08 = 64,75 [\text{кВт}].$$

Розрахункове навантаження реактивне:

$$Q_P = k_M \cdot \sum_{i=1}^{10} P_{ni} \cdot n_i \cdot k_{Bi} \cdot \text{tg}\varphi_i = 1,06 \cdot 23,09 = 24,48 [\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

Розрахункова потужність повна виробничого обладнання:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{64,75^2 + 24,48^2} = 69,23[\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

Розрахунковий струм повний харчоблоку дорівнює:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{69,23 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 105,19[\text{А}].$$

Провівши аналогічні обчислення, отримаємо розрахункові значення потужностей дитсадка:

– сумарна активна потужність обладнання та установок харчоблоку становить 95,7 кВт, а реактивна – 32,10 кВ·Ар;

– котельні (котли електродні опалення) – активна 151,0 кВт, реактивна 37,70 кВ·Ар;

– дитячих приміщень - активна 68,09 кВт, реактивна 27,61 кВ·Ар;

– майстерні - активна 15,45 кВт, реактивна 13,42 кВ·Ар.

Таким чином, у загальному балансі споживаної потужності електрообладнання та установок дитсадка, номінальне значення якої становить 330,24 кВт (без врахування системи освітлення), реактивна потужність становить 110,83 кВ·Ар, згідно значення якої розраховані і вибрані номінальні значення пристроїв компенсації реактивної потужності.

Крім того, передбачені витрати на активну потужність для загального освітлення приміщень дитсадка, які розраховані у відповідності із схемою розміщення потужностей.

2.3 Визначення розрахункових навантажень обладнання дитсадка

2.3.1 Котельня дитсадка (поз. 2 на плануванні).

На цій ділянці розташовані 6 котлів електродних, які на листі креслення позначені цифрами 3.1...3.6 та 3.7 (блок управління клімат - контролем).

Приклад розрахунку навантажень електроприймачів (ЕП).

Електроприймачі ЕП 3.1 та ЕП 3.7 Котел електродний моделі «Вулкан–25» та блок управління *VecRT+Auraton 2005* (380 В; 50 Гц; 25,0 кВт та 220 В; 50 Гц; 1,0 кВт, відповідно):

Визначаємо активну розрахункову потужність:

$$P_{P3.1} = k_{Bi} \cdot P_{H3.1} = 0,75 \cdot 25,0 = 18,75 \text{ кВт};$$

$$P_{P3.7} = k_{Bi} \cdot P_{H3.7} = 0,75 \cdot 1,0 = 0,75 \text{ кВт},$$

де $k_{Bi} = 0,75$ (див. табл. 2.1).

Визначаємо реактивну розрахункову потужність ($\cos\varphi_{3.1} = 0,95$; $\cos\varphi_{3.7} = 0,80$):

$$Q_{P3.1} = P_{P3.1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{3.1} = 18,75 \cdot 0,33 = 6,19 \text{ кВт}\cdot\text{Ар};$$

$$Q_{P3.7} = P_{P3.7} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{3.7} = 0,75 \cdot 0,75 = 0,56 \text{ кВт}\cdot\text{Ар}.$$

Повна потужність розрахункова:

$$S_{P3.1} = \sqrt{P_{P3.1}^2 + Q_{P3.1}^2} = \sqrt{18,75^2 + 6,19^2} = 19,75 \text{ кВт}\cdot\text{А};$$

$$S_{P3.7} = \sqrt{P_{P3.7}^2 + Q_{P3.7}^2} = \sqrt{0,75^2 + 0,56^2} = 0,94 \text{ кВт}\cdot\text{А}.$$

Струм розрахунковий:

$$I_{P3.1} = \frac{S_{P3.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3.1}} = \frac{19,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,0 \text{ А}; \quad I_{P3.7} = \frac{S_{P3.7}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3.7}} = \frac{0,94}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 2,46 \text{ А}.$$

Струм номінальний:

$$I_{H3.1} = \frac{P_{H3.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3.1} \cdot \cos\varphi_{3.1}} = \frac{25,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 39,98 \text{ А};$$

$$I_{H3.7} = \frac{P_{H3.7}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3.7} \cdot \cos\varphi_{3.7}} = \frac{1,0}{\sqrt{3} \cdot 0,22 \cdot 0,80} = 3,28 \text{ А}.$$

Визначаємо розрахункові навантаження для всіх інших одиниць електрообладнання дільниць.

У відповідності з розподілом на дільницях дитсадка зводимо у табл. 2.2. розраховані потужності електроприймачів.

Таблиця 2.2 - Розрахункові навантаження устаткування дитсадка

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, кВ	По- туж- ність, кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _p , кВт	Q _p , кВ·Ар	S _p , кВ·А	I _p , А	I _n , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Харчоблок (РП1)										
1.1.6	Кип'ятильн. (40л)	0,22	3,0	0,95	0,33	2,25	0,74	2,37	6,22	8,29
1.4.1	Жарка для млинців	0,22	6,0	0,95	0,33	4,50	1,49	4,74	12,44	16,58
1.4.4	Плита жарочна	0,38	16,5	0,95	0,33	12,38	4,09	13,04	19,81	26,39
1.4.5	Котел для варіння	0,38	9,45	0,95	0,33	7,09	2,34	7,47	11,34	15,12
1.4.6	Котел для варіння	0,38	9,45	0,95	0,33	7,09	2,34	7,47	11,34	15,12
1.4.7	Котел для варіння	0,38	9,45	0,95	0,33	7,09	2,34	7,47	11,34	15,12
1.4.8	Кип'ятильник вод	0,22	3,0	0,95	0,33	2,25	0,74	2,37	6,22	8,29
1.5.1	Машина посудом.	0,38	10,0	0,80	0,75	7,5	5,63	9,38	14,25	18,99

1.5.2	Кип'ятил. неперер	0,38	10,0	0,95	0,33	7,5	2,48	7,90	12,00	15,99
1.6.1	Камера холодильна	0,38	2,85	0,80	0,75	2,14	1,61	2,69	4,07	5,42
Всього:		–	79,7	–	–	59,79	23,80	64,87	109,03	145,28
Харчоблок - розетки (РП2)										
Всього:		–	16,0	–	–	12,03	8,30	14,86	35,70	47,58
Котельня (ЩС2)										
3.1	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.2	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.3	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.4	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.5	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.6	Котел електродний	0,38	25,0	0,95	0,33	18,75	6,19	19,75	30,00	39,98
3.7	Блок управління	0,22	1,0	0,8	0,75	0,75	0,56	0,94	2,46	3,28
Всього:		–	151,0	–	–	113,25	37,70	119,41	182,46	243,18
Дитячі приміщення: 1-й поверх (РП3)										
2.1.1	Машина пральна	0,22	2,0	0,75	0,88	1,50	1,32	1,99	5,25	6,99
2.1.3	Маш. пральн-відт	0,38	12,0	0,75	0,88	9,0	7,92	11,99	18,22	24,31
2.2.1	Маш. сушильна	0,38	12,0	0,85	0,62	9,0	5,58	10,59	16,09	21,45
2.2.2	Маш. прасувальна	0,38	10,84	0,85	0,62	8,13	5,04	9,57	14,53	19,38
5.1.1	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354
5.1.2	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354
5.1.3	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354

Продовження таблиці 2.2

5.2.1	Мат нагрів. 150x21м	0,22	1,52	0,95	0,33	1,14	0,38	1,202	3,154	4,199
5.2.2	Мат нагрів. 150x21м	0,22	1,52	0,95	0,33	1,14	0,38	1,202	3,154	4,199
5.2.6	Мат нагрів. 150x17м	0,22	1,25	0,95	0,33	0,94	0,31	0,99	2,598	3,453
5.3.1	Мат нагрів. 150x51м	0,22	3,76	0,95	0,33	2,82	0,93	2,97	7,794	10,39
5.3.2	Мат нагрів. 150x51м	0,22	3,76	0,95	0,33	2,82	0,93	2,97	7,794	10,39
5.3.5	Мат нагрів. 150x31м	0,22	2,21	0,95	0,33	1,66	0,55	1,749	4,59	6,105
Всього:		–	52,33	–	–	39,26	23,70	46,39	86,24	114,93
Дитячі приміщення: 2-й поверх (РП4)										
5.1.4	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354
5.1.5	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354
5.1.6	Мат нагрів. 150x7м	0,22	0,49	0,95	0,33	0,37	0,12	0,39	1,024	1,354
5.2.3	Мат нагрів. 150x21м	0,22	1,52	0,95	0,33	1,14	0,38	1,202	3,154	4,199
5.2.4	Мат нагрів. 150x21м	0,22	1,52	0,95	0,33	1,14	0,38	1,202	3,154	4,199
5.2.5	Мат нагрів. 150x21м	0,22	1,52	0,95	0,33	1,14	0,38	1,202	3,154	4,199
5.3.3	Мат нагрів. 150x51м	0,22	3,76	0,95	0,33	2,82	0,93	2,97	7,794	10,39
5.3.4	Мат нагрів. 150x51м	0,22	3,76	0,95	0,33	2,82	0,93	2,97	7,794	10,39
5.3.6	Мат нагрів. 150x31м	0,22	2,21	0,95	0,33	1,66	0,55	1,749	4,59	6,105
Всього:		–	15,76	–	–	11,83	3,91	12,47	32,71	43,54
Майстерня (РП5)										
9.1.1	Верстат деревообр	0,22	1,50	0,75	0,88	1,13	1,0	1,506	3,96	5,25
9.1.2	Тр-р зварювальний	0,22	9,50	0,60	1,33	7,13	9,48	11,86	31,13	41,55
9.1.3	Верстат свердлильн	0,22	0,45	0,75	0,88	0,34	0,30	0,453	1,189	1,575
9.1.4р	розетка	0,22	2,0	0,75	0,88	1,50	1,32	1,99	5,25	6,99
9.1.5р	розетка	0,22	2,0	0,75	0,88	1,50	1,32	1,99	5,25	6,99
Всього:		–	15,45	–	–	11,60	13,42	17,82	46,77	63,37
Харчоблок (ЩС1: РП1+РП2)										
Всього:		–	95,70	–	–	71,82	32,10	79,69	144,75	192,86
Дитячі приміщення+майстерня (ЩС3: РП3+РП4+РП5)										
Всього:		–	83,54	–	–	62,69	41,03	76,68	165,72	221,84
ВРП (ЩС1+ЩС2+ЩС3)										
Всього:		–	379,3	–	–	284,58	139,84	322,78	616,29	822,32

2.4 Розрахунок електричного освітлення приміщень закладу

Сучасне людство неможливо уявити без використання світла у його житті. Освітлювальні прилади забезпечують необхідні умови, які потрібні для нормальної праці, комфортності в отриманні певних результатів.

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

Проведемо розрахунок освітлення для *одного з приміщень* дитсадка.

$H_3 = 3,5 \text{ м}$ – висота приміщення;

$b_3 = 6 \text{ м}; l_3 = 6 \text{ м}$ – розміри кімнати;

$h_C = 0,2 \text{ м}$ – відстань світильника від стелі;

$h_{II} = 3,5 - 0,2 = 3,3$ м - відстань світильника над підлогою;

$h_P = 1,0$ м – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{II} - h_P = 2,3$ м – розрахункова висота від світильника до розрахункової поверхні.

Світильники монтуються в один ряд на відстані 2,0 м від стін та 2,0 м між собою.

Згідно таблиці 4.4 [23] приймаємо освітленість кімнати: $E_3 = 300$ лк.

Коефіцієнт запасу для приміщення: $K_3 = 1,5$ (вибираємо з ряду 1,3...1,8).

Індекс приміщення:

$$i_3 = \frac{b_3 \cdot l_3}{h(b_3 + l_3)} = \frac{6,0 \cdot 6,0}{2,3(6,0 + 6,0)} = 1,31.$$

Для коефіцієнта використання η світильника враховуємо, що стіни та стеля пофарбовані; підлога бетонна, поверх неї поставлені фарбовані дошки. Коефіцієнти відбивання поверхонь [23]: $\rho_C = 75\%$ - стелі; $\rho_{CT} = 30\%$ - стін; $\rho_{II} = 15\%$ - підлоги. Тому, згідно таблиці 5.10 [23] коефіцієнт використання світильника $\eta_3 = 0,56$.

Світловий потік ламп в даному приміщенні:

$$\Phi_3 = \frac{E_3 \cdot K_3 \cdot S_3 \cdot z}{\eta_3} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 36 \cdot 1,15}{0,56} = 28830 [Лм],$$

де S_3 – площа приміщення, м²;

z – поправка на мінімальну освітленість; приймаємо $z = 1,15$.

З таблиці 2.15 [23] вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБР–65 з паспортними характеристиками: $P_{Л} = 65$ Вт; $U_{Н} = 220$ В; $\cos\varphi = 0,85$; $\tan\varphi = 0,62$; $\Phi_{Л} = 4800$ Лм; $K_B = 0,75$; строк служби – 15000 год..

Світловий потік дволампового світильника буде рівний:

$$\Phi_C = 2 \cdot 4800 = 9600 \text{ Лм.}$$

При встановленні в приміщенні $N_3 = 3$ шт. світильників їх загальний потік:

$$\Phi_{C3} = 3 \cdot 9600 = 28800 \text{ Лм.}$$

Згідно [23] розбіг світлового потоку $\delta = (-10 \dots +20)\%$. Для даних світильників:

$$\delta_3 = \frac{\Phi_{C3} - \Phi_3}{\Phi_{C3}} = \frac{28800 - 28830}{28800} \cdot 100\% = -0,11\%.$$

Таким чином, кімнату освітлюватиме 3 шт. світильників типу ЛПО 21–2х65 з лампами ЛБР–65.

Номінальна потужність всіх світильників у даному приміщенні:

$$P_{H3} = 3 \cdot 2 \cdot 0,065 = 0,390 \text{ кВт}.$$

Активна розрахункова потужність:

$$P_{P3} = k_B \cdot P_{H3}; \quad P_{P3} = 0,75 \cdot 0,390 = 0,293 \text{ кВт},$$

де $k_B = 0,75$ - коефіцієнт використання.

Реактивна розрахункова потужність ($\cos\varphi_2 = 0,85$):

$$Q_{P3} = P_{P3} \cdot \operatorname{tg}\varphi_3; \quad Q_{P3} = 0,293 \cdot 0,62 = 0,182 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Розрахункова потужність повна:

$$S_{P3} = \sqrt{P_{P3}^2 + Q_{P3}^2}; \quad S_{P3} = \sqrt{0,293^2 + 0,182^2} = 0,345 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Струм розрахунковий:

$$I_{P3} = \frac{S_{P3}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3}} = \frac{0,345}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,905 \text{ А}.$$

Струм номінальний:

$$I_{H3} = \frac{P_{H3}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3} \cdot \cos\varphi_3} = \frac{0,390}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,85} = 1,204 \text{ А}.$$

Для комутації освітлення в дитсадку встановлено 4 щитки освітлення (ЩО1, ЩО2, ЩО3, ЩО4) приміщень в нормальному робочому режимі і 1 щиток (ЩАО) освітлення евакуаційного на випадок надзвичайної ситуації (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 Розрахункове навантаження освітлювальної мережі

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, кВ	По- туж- ність, кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _p , кВт	Q _p , кВ·Ар	S _p , кВ·А	I _p , А	I _n , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Освітлення і розетки дитячих приміщень 1-го поверху (ЩО1)										
Всього:		–	17,51	–	–	13,15	10,43	16,84	44,18	58,84
Освітлення харчоблоку (ЩО2)										
Всього:		–	2,41	–	–	1,85	1,54	2,41	6,33	8,43
Освітлення і розетки дитячих приміщень 2-го поверху (ЩО3)										
Всього:		–	25,59	–	–	19,19	15,38	24,66	64,72	86,34
Освітлення майстерні (ЩО4)										

Всього:	–	0,29	–	–	0,23	0,17	0,275	0,722	0,966
Аварійне освітлення приміщень дитсадка (ЩАО)									
Всього:	–	3,20	–	–	2,40	1,49	2,83	7,42	9,88
Сумарне навантаження щитків освітлення									
Всього:	–	49,0	–	–	36,82	29,01	47,02	123,37	164,46
ВРП (ЩС1+ЩС2+ЩС3)									
Всього:	–	379,3	–	–	284,58	139,84	322,78	616,29	822,32
Сумарне навантаження силової мережі та освітлення									
Всього:	–	428,3	–	–	321,40	168,85	369,80	739,66	986,78

2.4.1 Проектне рішення освітлювальних установок

Для освітлення приміщень харчоблоку дитсадка використовуємо світильники стельові одно - дволампові для виробничих приміщень з ступенем захисту IP54 типу ЛСП 02В-1(2)х18(58) ТУУ 3.62-00214263.001-94 з люмінесцентними лампами типу ЛБР-18(58) ГОСТ 6825-74. Для загального освітлення групових приміщень дитсадка використовуємо світильники стельові дволампові типу TCS 022/258-2х36W з ступенем захисту IP20 з люмінесцентними лампами типу ЛБР-36(40) ГОСТ 6825-74, світильники растрові типу TOP/L/S 4х18W G13 з ступенем захисту IP20 з люмінесцентними лампами типу ЛБР-18(20) ГОСТ 6825-74 та ін. (див. табл. 2.4).

Кількість світильників у приміщенні визначається нормованою освітленістю даного приміщення. Світильники монтуються у ряди на відстані 1,0 м від стін та 2,0 м між собою. При заміні світильників на більш енергоефективні - світлодіодні слід враховувати їх спектр випромінювання.

Таблиця 2.4 - Світлотехнічна відомість дитсадка

№ згідно плану	Назва приміщення	Площа, м ²	Освітленість, лк	Тип світильника	Кількість світильників			Хар-ка приміщення
					Роб. осв.	Авар. осв.	Черг. осв.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Приміщення 1-го поверху</i>								
Харчоблок								
21	М'ясо-рибний цех	6,38	200	ЛСП 02В-1х58-111 IP54	1			вол.
19	Овочевий цех	4,90	200	ЛСП 02В-1х36-111 IP54	1			вол.
20	Цех готових страв	7,16	200	ЛСП 02В-1х58-111 IP54	1			вол.
22	Цех гарячих страв	7,16	200	ЛСП 02В-1х58-111 IP54	1			вол-ж
23	Мийна посуду	8,34	200	ОМЕГА 2х18Е PS В-FW-1350 IP54	2			особл. вол.
25	Комора для сухих продуктів	4,95	50	ЛББ 07В-11-007 «Компакт-3В» IP23	1			–

24	Приймальня посуду для миття	4,05	50	ЛББ 07В-9-008 «Компакт-3Г» IP23	1			–
26	Гардероб–душ–туалет для персоналу	10,6	75	ЛСП 02В-1х18-111 IP54	2			особл. вол.
33	Коридор	14,8	50	ЛСП 02В-1х18-111 IP54	1	2		–
18	Тамбур–розвантажувальна	108	50	OMEGA 2х18Е PS В-FW-1350 IP54	1	1		–
Дитячі приміщення								
5	Приймальня	24,5х3	200	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	2х3	1х3		–
6	Групова (ігрова)	50,6х2	400	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	9х2	1х2		–
11	Групова (ігрова)	42,0	400	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	8	1		–
12	Їдальня (ясельна група)	36,0	300	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	6	1		–
7	Спальня	87,6х2	150	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	6х2	1х2	1х2	–
8	Спальня	50,4	150	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	3	1	1	–
9	Вбиральня-туалетна	23,6х3	75	OMEGA 2х18Е PS В-FW-1350 IP54	1х3	1х3		вол.
10	Буфетна–комора для посуду	5,1х3	150	OMEGA 2х18Е PS В-FW-1350 IP54	1х3			–
13	Спортивний зал	125,0	300	Св-к з ЕІР та решіткою: OPL/S 236-2х36W “Sport” IP20	36	2		–
Пральний блок ясел								
15	Пральня	9,0	200	OMEGA 2х18Е PS В-FW-1350 IP54	1	1		вол.
16	Сушильня–прасувальня	9,0	300	ЛСП 02В-2х58-111 IP65	1	1		особл. вол.
14	Туалети для персоналу	6,2х2	75	ЛББ-52–1х9 «Селена–31Б» IP54	2х2			вол.

Продовження таблиці 2.4

Медичний блок								
27	Палата ізолятора	18,8	200	TCS 022/258-2х36W “Philips” IP20	1		1	–
Коридори								
3	Коридор	43,7х2	75	ТОPL/S 4х18W G13 “Світл. технології” IP20	1х2	2х2		–
4	Коридор	16,3	75	ЛПО–06В–1х18–017 «Сіріус–22» IP20	2	1		–
17	Коридор	12,8	75	ЛПО–06В–1х36–020 «Сіріус–23» IP20	1	1		–
3.1	Сходи	7,2х2	100	ЛПО–02В–2х18 «Люмен–21» IP20	1х2	1х		–
3.2						2		
Котельня								
2	Котельня	9,6	50	ЛББ–52–1х9 «Селена–31Б» IP54	1	1		вол.
Електрощитова								
1	Електрощитова	8,0	50	ЛББ–52–1х9 «Селена–31Б» IP54	1	1		вол.
Тамбур								

3.3	Тамбур вхідний	3,0x2	50	ЛББ 07В-1x9-008 «Компакт-3В» IP23	0	1x		-
3.4						2		
Майстерня (окрема будівля)								
40	Виробнича дільниця	13,8	200	OMEGA 2x36E B-FW-1350 IP54	1			вол.
41	Гардеробна	4,2	75	ЛББ 04В-2x7-005 «Селена-381А» IP54	1			-
Приміщення 2-го поверху								
Дитячі приміщення								
5	Приймальня	24,5x3	200	TCS 022/258-2x36W “Philips” IP20	2x3	1x3		-
6	Групова (ігрова)	50,6x2	400	TCS 022/258-2x36W “Philips” IP20	9x2	1x2		-
7	Спальня	87,6x2	150	TCS 022/258-2x36W “Philips” IP20	6x2	1x2	1x2	-
8	Спальня	50,4	150	TCS 022/258-2x36W “Philips” IP20	3	1	1	-
9	Вбиральня-туалетна	23,6x3	75	OMEGA 2x18E PS B-FW-1350 IP54	1x3	1x3		вол.
10	Буфетна-комора для посуду	5,1x3	150	OMEGA 2x18E PS B-FW-1350 IP54	1x3			-
28	Концертний зал	198,0	300	FLOW 2x36W B-FO-0983 “Electrum” IP20	36	2		-
29	Гардероб	16,0	75	ЛПО-06В-1x36-020 «Сіріус-23» IP20	1			-
14	Туалети для персоналу	6,2x2	75	ЛББ-52-1x9 «Селена-31Б» IP54	2x2			вол.
Медичний блок								
34	Приймальня	16,4	300	ЛПО-03В-4x18-052 «Юпітер-24» IP20	4			-
35	Процедурний кабінет	16,4	300	ЛПО-03В-4x18-052 «Юпітер-24» IP20	4			-

Продовження таблиці 2.4

27	Палата ізолятора	16,4	300	TCS 022/258-2x36W “Philips” IP20	1		1	-
36	Комора	3,8	50	ЛББ 07В-1x9-008 «Компакт-3В» IP23	1			-
Коридори								
3	Коридор	43,7	75	ТОPL/S 4x18W G13 “Світл. технології” IP20	1	2		-
31	Коридор	32,4	75	ТОPL/S 4x18W G13 “Світл. технології” IP20	1	2		-
30	Коридор	20,4	75	ЛПО-02В-2x18 «Люмен-21» IP20	1	2		-
32	Коридор	9,6	75	ЛПО-02В-2x18 «Люмен-21» IP20	1	1		-
3.1 31. 1	Сходи	7,2x2	100	ЛПО-02В-2x18 «Люмен-21» IP20	1x2	1x2		-
Адміністрація дитсадка								
37	Завідувач дитсадка-ясел	20,0	300	ЛПО-03В-4x18-052 «Юпітер-24» IP20	4			-
38	Завідувач господарством	12,2	300	ЛПО-03В-4x18-052 «Юпітер-24» IP20	3			-

Для комутації груп освітлення у дитсадку встановлюємо щитки освітлення (ЩО) таким чином:

- ЩО1 (поз. 8.1) – для світильників 1-го поверху;
- ЩО2 (поз. 8.2) – для світильників харчоблоку;
- ЩО3 (поз. 8.3) – для світильників 2-го поверху;
- ЩО4 (поз. 8.4) – для світильників майстерні;
- ЩАО (поз. 9) – для світильників аварійної системи освітлення приміщень

всього дитсадка.

До щитків освітлення групи світильників під'єднуємо через один автоматичний вимикач. Щитки освітлення разом з навантаженням від розеток під'єднуємо до ВРП через вхідні автоматичні вимикачі та запобіжники.

Згідно проведених розрахунків:

- сумарна активна потужність освітлення дитсадка дорівнює $17,45 \text{ кВт}$;
- те ж розеток дитсадка дорівнює $31,6 \text{ кВт}$;
- активна потужність загальна освітлення та розеток дорівнює $49,05 \text{ кВт}$.

Розподілена між трьома фазами активна потужність:

– фаза "А" (розетки 1-го поверху – електрощитової - майстерні): $P_A = 13,8 \text{ кВт}$;

– фаза "В" (розетки 2-го поверху): $P_B = 17,8 \text{ кВт}$;

– фаза "С" (робоче і аварійне освітлення приміщень): $P_C = 17,45 \text{ кВт}$.

Внаслідок найбільшої завантаженості фази "В" далі проводимо розрахунок саме для цієї фази: $P_{OP} = 17,8 \cdot 3 = 53,4 \text{ кВт} \approx 55 \text{ кВт}$.

2.5 Розрахунок навантаження силового трансформатора

Оскільки обладнання дитячих садків належать до II-ї категорії по електроспоживанню, передбачаємо двотрансформаторну схему електроживлення. Потужності виділених комірок силових трансформаторів комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) вибираємо на повну розрахункову потужність електроприймачів, розеток та освітлювальне навантаження.

Розрахункова потужність сумарна активна дитсадка: $P_{P\Sigma} = 284,58 \text{ кВт}$.

Розрахункова потужність сумарна реактивна дитсадка: $Q_{P\Sigma} = 139,84 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$.

Розрахункова потужність повна дитсадка: $S_P = 322,78 \approx 330 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Від однієї шини збірної ВРП заживлені: щитки силові ЩС1 та ЩС2, а також щиток аварійного освітлення ЩАО. Розрахункова потужність цієї шини становить $S_{P1} = 123,68 \approx 130 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Від іншої шини збірної ВРП заживлені: щиток силовий ЩС3, а також щитки робочого освітлення ЩО1, ЩО2, ЩО3 та ЩО4. Розрахункова потужність цієї шини становить $S_{P2} = 199,10 \approx 200 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Живлення дитсадка від КТП №248 та резервного живлення від КТП №246 з силовими трансформаторами марки ТМЗ 630–10/0,4 кВ проводимо кабелями марок АВББШв 3х150+1х50 довжиною 0,1 км та АВББШв 3х120+1х35 довжиною 0,4 км, відповідно.

На КТП №248 з силовим трансформатором марки ТМЗ 630–10/0,4 кВ виділяємо комірку для електропостачання дитсадка потужністю:

$$S_{ТРк} = 1,2 \cdot S_P; \quad S_{ТРк} = 1,2 \cdot 369,8 = 443,76 \approx 450 [\text{кВ}\cdot\text{А}]$$

із здатністю по струму пропускною:

$$I_{ТРк} = 1,2 \cdot (I_{Pe} + I_{Po} + I_{Pp}); \quad I_{ТРк} = 1,2 \cdot 739,66 = 887,54 \approx 900 [\text{А}].$$

Для резервного живлення передбачена друга лінія електропостачання від КТП №246 з аналогічним силовим трансформатором.

2.6 Дослідження концепції виробництва біогазу з газомісткої органічної сировини

Відомо [13], що імпорт викопних енергоносіїв для України складає об'єм 65% від сумарної ними забезпеченості. Тому, питання освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії стоїть на рівні забезпечення енергетичної безпеки держави. Одним із таких носіїв є біогаз, отримуваний з відновлюваної сировини й органічних відходів в результаті бродіння біомаси.

Основні складники біогазу: метан CH_4 (50-75 %), вуглекислий газ CO_2 (25-50%), водяна пара H_2O (0-10%), азот N_2 (0,01-5%), кисень O_2 (0,01-2%), водень H_2 (0-1%), аміак NH_3 (0,01-2,5мг/м³) та сірководень H_2S (10-30мг/м³).

Згідно досліджень авторів Кучерука П. П., Матвєєва Ю. Б. в [13]: «... Сировиною для біогазових установок є, перш за все, сільськогосподарські

субстрати, такі як рідкий та стійловий гній або енергетичні культури (цукровий буряк, кукурудза, цукрове сорго, міскантус тощо). Використовуються також ... інші органічні відходи комунального господарства».

Вихід біогазу в цукровому сорго ((17 ... 18) тис. м³/га), кукурудзі на силос ((15 ... 16) тис. м³/га), цукрових і кормових буряках ((10 ... 11) тис. м³/га). Отже, установки для виробництва біогазу з сільськогосподарських культур зможуть замінити 27 млрд. м³ природного газу і створити 0,5 млн. робочих місць в сільській місцевості.

Наприклад, у Німеччині у 2013 році діяло 7800 біогазових установок загальною потужністю 3,5 ГВт, які створили близько 125 тис. робочих місць як подано на рис. 2.2 [13].



Рисунок 2.2 - Динаміка числа установок для виробництва біогазу в Німеччині та їх потужність

Залишки бродіння можуть бути використані у якості біодобрив, що зменшує викиди парникових газів майже у 3 рази у порівнянні з загальновідомими мінеральними та органічними добривами (див. рис. 2.3).

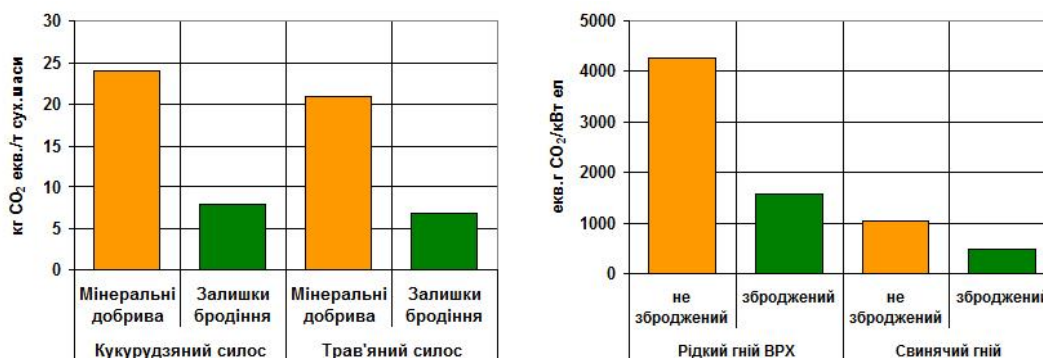


Рисунок 2.3 - Ефект застосування залишків продуктів бродіння у вигляді

скорочення викидів парникових газів

2.7 Дослідження моделі екологічної оптимізації маловідходної технології переробки органічної сировини

Досить часто при оцінюванні наслідків функціонування підприємств з переробки сільськогосподарської сировини не зважають на еколого-економічні збитки, що при цьому виникають [13].

Згідно досліджень автора Луньової О. В. в [14]: «...ступінь впливу виробництва на навколишнє середовище слід вважати критерієм екологічної оптимальності технологічної схеми переробки сільськогосподарської сировини, який можна подати такою моделлю:

$$\sum_{q=1}^e m_q \cdot V_q + \sum_{l=1}^n S_{ql} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де m_q - одиниця оцінювання q -го споживаного ресурсу;

V_q - об'єм виробленого ресурсу річний;

S_{ql} - втрати l -го природокористувача при забрудненні та виснаженні q -го ресурсу».

Тому, ступінь замкненості виробництва щодо навколишнього середовища слід визначати як відношення маси виробленої продукції до витраченої на її одержання маси матеріально-сировинних ресурсів. Тому, ступінь замкненості виробництва розраховується з виразу [14]:

$$K_3 = \frac{\sum V_q \cdot A_q - O_{H3}}{V_q \cdot A_K}, \quad (2.2)$$

де K_3 - коефіцієнт, що характеризує замкненість виробництва;

V_q - витрати природних ресурсів на одиницю сировини, що переробляється;

A_K - обсяг виробництва за рік;

O_{H3} - об'єм відходів і побічних продуктів, що не використовується.

Коефіцієнт екологічності K_E визначається з виразу:

$$K_E = 1 - K_B, \quad (2.3)$$

де K_B - коефіцієнт відходоємкості виробництва.

При цьому, згідно визначення автора Луньової О. В. в [14]: «... коефіцієнт відходоємкості визначається згідно виразу:

$$K_B = O_{НЗ}^{\Gamma} \cdot P^{\Gamma} \cdot \sum V_q \cdot A_K, \quad (2.4)$$

де $O_{НЗ}^{\Gamma}$ - об'єм відходу Γ -того виду, що не використовується і розміщується в довкіллі, за рік;

P^{Γ} - показник відносної небезпеки відходів Γ -того виду».

Рівень безвідходності виробництва з урахуванням його безпечності щодо навколишнього середовища визначається згідно виразу [14]:

$$K_B = \frac{1}{2}(K_3 + K_E). \quad (2.5)$$

Слід мати на увазі, що переозброєння галузі на основі прогресивної екологічно чистої технології може бути здійснено, коли процес екологічного вдосконалення виробництва буде пов'язаний з системою економічного стимулювання безвідходної переробки сільськогосподарської сировини.

2.8 Дослідження моделі ефективності біоустановок для комплексної переробки органічних відходів

Основними напрямками дослідження авторів Волошина М. Д. і Гаценка К. В. в [3] було: «... визначення сировини, яку найбільш ефективно використовувати у виробництві біогазу, а також теоретично обґрунтувати та експериментально довести вибір харчових відходів, які можуть використовуватися для отримання біогазу й визначити залежності виходу біогазу від ступеня підготовки сировини. Основними задачами цього дослідження було: створення технології отримання біогазу на основі харчових відходів; розширення сировинної бази, безпечна утилізація побутових відходів; визначення чинників, що впливають на якість процесу метанового зброджування (кінетику і швидкість виходу біогазу)».

Досліджено технологію отримання біогазу із харчових відходів з активними домішками (курячий послід, гній (фекалії)) та експериментально встановлено склад вихідної сировини: подрібнена овочева суміш, вода, 10% гній (фекалії), що

забезпечує максимальний вихід газу.

В результаті експериментальних досліджень отримано рівняння регресії залежності питомого виходу біогазу від температури, тривалості зброджування і вмісту вологи гною (фекалій) такого вигляду [3]:

$$V = 94,2 - 2,235 \cdot W - 0,6389 \cdot T - 0,4358 \cdot \tau + 0,0146 \cdot W^2 + 0,0047 \cdot T^2 + 0,0042 \cdot \tau^2 + 0,0032 \cdot W \cdot T + 0,0045 \cdot W \cdot \tau - 0,0002 \cdot T \cdot \tau, \quad (2.6)$$

де V – питомий вихід біогазу (орієнтовно, 9,6 л/кг сухої маси за добу);

W – вологість біомаси, %;

T – температура зброджування, $^{\circ}\text{C}$;

τ – експозиція зброджування, діб.

Кінетичне рівняння, що описує анаеробну ферментацію біомаси з рослин матиме вигляд:

$$\alpha = 0,45 \cdot [1 - \exp(-k \cdot \tau)], \quad (2.7)$$

де α – об'єм виходу біогазу, дм^3 .

Авторами Волошиним М. Д. і Гаценком К. В. також в [3] встановлено, що «... суміш промислово-побутових відходів дає більший вихід біогазу, ніж суміш лише побутових відходів, тому використання промислово-побутових відходів більш доцільне та ефективне. Виявлено, що попереднє прогрівання субстрату до температури зброджування ($37\text{-}40^{\circ}\text{C}$) інтенсифікує процес подальшого розкладання. Встановлено оптимальний склад, який забезпечує максимальний вихід біогазу: 5% подрібненої суміші відходів овочів, 85% води та 10% гною».

Таким чином, різноманітні біоматеріали можуть бути джерелом вироблення енергії методом зброджування як подано на рис. 2.4 та рис. 2.5.

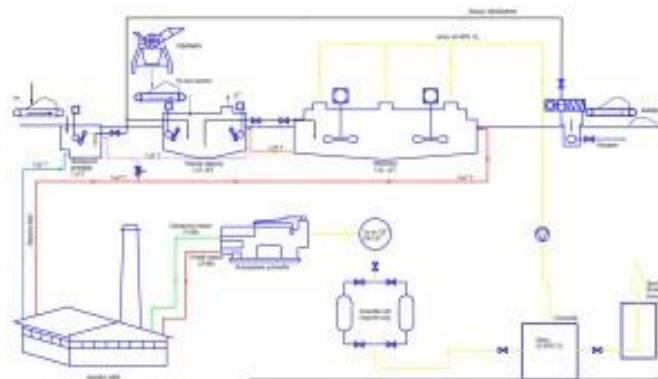


Рисунок 2.4 - Технологічна схема переробки сировини у біогаз

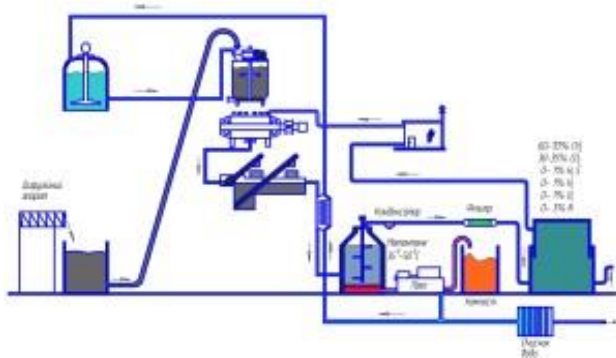


Рисунок 2.5 - Схема технологічна біогазової установки

Як стверджує автор Луньова О. В. в [14]: «... Залишки від процесу бродіння з біогазових установок містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, фосфору, калію та мікроелементів і можуть використовуватись в якості добрив, які за своєю дією схожі на мінеральні добрива».

Також в когенераторній установці (див. рис. 2.6) з 1 м³ біогазу можна отримати 2 кВт електроенергії, а також гарячий теплоносій. Для забезпечення когенераційної установки біогазом не потрібно виконувати будь-якого очищення.



Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд генераторної установки електро- та теплоенергії на біогазі

До прикладу, газогенераторна когенераційна установка типу JMS-208 фірми GE Jenbacher потужністю 330 кВт може виробити 9,5 кВт·год. електроенергії частотою 50 Гц, споживши 1 м³ газу (незалежно від його походження), а також теплоносій температурою (70 ... 90)⁰С.

2.9 Висновки до розділу

1. Проведено вибір схеми електропостачання дитячого закладу та визначені місця розташування розподільчих пристроїв, щитків силових та освітлення електромережі закладу.

2. Проведений розрахунок електричних навантажень силової мережі закладу: електрообладнання харчоблоку, пральні, котлів електродних котельні, матів нагрівних для електрообігріву підлоги, а також трансформатора.

3. Проведений розрахунок електричного освітлення приміщень закладу. Для деяких приміщень врахований підвищений ступінь захисту світильників. Сформована світлотехнічна відомість дитсадка-ясел.

4. Досліджена концепція виробництва біогазу з газомісткої органічної сировини та визначені найбільш перспективні відходи сільськогосподарських культур щодо отримання з них біогазу.

5. Досліджена експериментальна модель питомого виходу біогазу в залежності від складу харчових відходів з додаванням активних речовин, які сприяють інтенсифікації процесу, що робить можливим впровадження подібних технологій для активної утилізації харчових відходів.

6. Досліджена модель екологічної оптимізації маловідходної технології переробки органічної сировини за критерієм ступеня замкненості виробництва і мінімізації впливу на довкілля.

3 ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір захисної апаратури електромережі дитячого закладу

3.1.1 Вибір запобіжників.

Запобіжники електроприймачів вибираємо, виходячи з умов їх увімкнення згідно таких виразів [18]:

$$I_{п.у} \geq \frac{I_{пк}}{\alpha},$$

де $I_{п.у}$ – струм плавкої уставки запобіжника, А;

$I_{пк}$ – піковий струм при увімкненні електроприймача, А;

α – коефіцієнт умов увімкнення електроприймача ($\alpha = 2,5; 2,0$ або $1,6$ в оберненій залежності від умов увімкнення, відповідно);

$$I_{пк} = k_{п} \cdot I_{н},$$

де $k_{п}$ – кратність струму пускового моменту ($k_{п} = 5; 3;$ або 2 для електродвигуна, електропечі або освітлення, відповідно);

$I_{н}$ – ном. струм електроприймача, А.

3.1.2 Вибір автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі вибираємо з умови [18]:

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

де $I_{НОМ}$ – ном. струм вимикача, А.

Відсічка електромагнітного роз'єднувача перевіряється за максимальним піковим струмом:

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

де $I_{пк}$ – струм електроприймача піковий, А.

Тепловий розчеплювач (вставка) вибирається з умови:

$$I_{Т} \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot I_{н}$$

3.1.3 Схема електричних з'єднань ВРП.

Вибір запобіжників. Типи запобіжників та їх плавкі уставки матимуть такі

значення:

ЩС1 (FU3) (харчоблок): $I_H = 192,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 192,9 = 578,7 \text{ A}$;

$$I_{п.уст} \geq \frac{578,7}{2,1} = 275,6 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-37-2 (пл. уст. -}$$

315 A).

ЩС2 (FU4) (котельня): $I_H = 243,2 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 243,2 = 729,6 \text{ A}$;

$$I_{п.уст} \geq \frac{729,6}{2,5} = 291,9 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-37-2 (пл. уст. -}$$

315 A).

ЩАО (FU5) (аварійне освітлення): $I_H = 9,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 9,9 = 19,8 \text{ A}$;

$$I_{п.уст} \geq \frac{19,8}{1,6} = 12,4 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-33-0 (пл. уст. -}$$

16 A).

ЩС3 (FU7) (дитячі приміщення): $I_H = 221,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 221,9 = 665,7 \text{ A}$;

$$I_{п.уст} \geq \frac{665,7}{2,5} = 266,3 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-37-2 (пл. уст. -}$$

315 A).

ЩО1 + ЩО2 (FU8) (1-й поверх + харчоблок): $I_H = 67,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 67,4 =$

$$134,8 \text{ A}; I_{п.уст} \geq \frac{134,8}{1,6} = 84,3 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-33-0 (пл.}$$

уст. - 100 A).

ЩО3 + ЩО4 (FU9) (2-й поверх + майстерня): $I_H = 87,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 2 \cdot 87,4 =$

$$174,8 \text{ A}; I_{п.уст} \geq \frac{174,8}{1,6} = 109,3 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-33-}$$

0 (пл. уст. - 125 A).

ВРП (макс. I_H з FU1 чи FU2): $I_H = 446 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot 446 = 1338 \text{ A}$;

$$I_{п.уст} \geq \frac{1338}{2,5} = 535,2 [A]; \text{ запобіжник типу ППНИ-39-3 (пл. уст. -}$$

630 A).

Вибір автоматичних вимикачів. Типи автоматичних вимикачів та їх роз'єднувачі матимуть такі значення:

ВРП (QF1 = QF2): ($I_{H \text{ макс}} = I_{H \text{ щс1}} + I_{H \text{ щс2}} + I_{H \text{ щао}}$); $I_{H \text{ макс}} = 192,9 + 24302 +$

$9,9 = 446 \text{ A}; I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 579,8 \text{ A}; I_T = 1,2 \cdot I_H = 535,2 \text{ A}; I_{ПК} = 3 \cdot I_{H_{\text{уч1}}} + I_{H_{\text{уч2}}} + I_{H_{\text{уч0}}}; I_{ПК} = 831,8 \text{ A}; I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 1122,9 \text{ A};$
 автоматичний вимикач ВА 88–43; габарит ($I_{НОМ}$): 1600 A;
 розчіплювач (I_P): 1250 A.

3.1.4 Схема електричних з'єднань ЩС1.

Вибір запобіжників. Типи запобіжників та їх плавкі уставки матимуть такі значення:

ЩС1 - РП1 (FU2): $I_H = 145,3 \text{ A}; I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 435,9 \text{ A};$
 $I_{п.уст} \geq \frac{435,9}{2,5} = 174,4 \text{ [A]};$ запобіжник типу ППНИ–35–1 (пл. уст. -
 200 A).

ЩС1 - РП2 (FU3): $I_H = 47,6 \text{ A}; I_{ПК} = 5 \cdot I_H = 238,0 \text{ A};$
 $I_{п.уст} \geq \frac{238,0}{1,6} = 148,8 \text{ [A]};$ запобіжник типу ППНИ–35–1 (пл. уст. -
 160 A).

Вибір автоматичних вимикачів. Типи автоматичних вимикачів та їх роз'єднувачі матимуть такі значення:

ЩС1 - РП1 (QF1): $I_H = 145,3 \text{ A}; I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 188,9 \text{ A}; I_T = 1,2 \cdot I_H =$
 $174,4 \text{ A}; I_{ПК} = 3 \cdot 88,6 + (145,3 - 88,6) = 322,5 \text{ A}; I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} =$
 $435,4 \text{ A};$ автоматичний вимикач ВА 88–40; габарит ($I_{НОМ}$): 800 A;
 розчіплювач (I_P): 500 A.

ЩС1 - РП2 (QF2): $I_H = 47,6 \text{ A}; I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 61,9 \text{ A}; I_T = 1,2 \cdot I_H = 57,1 \text{ A};$
 $I_{ПК} = 5 \cdot 16,3 + (47,6 - 16,3) = 112,8 \text{ A}; I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 152,3 \text{ A};$
 автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{НОМ}$): 250 A;
 розчіплювач (I_P): 160 A.

РП2 - ЕП1.1.6–1.4.8–1.4.1 (QF3): $I_H = 33,2 \text{ A}; I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 43,2 \text{ A}; I_T = 1,2 \cdot$
 $I_H = 39,9 \text{ A}; I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 99,6 \text{ A}; I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 134,5 \text{ A};$
 автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{НОМ}$): 250 A;
 розчіплювач (I_P): 160 A.

РП2 - ЕП1.4.5–1.4.6–1.4.7 (QF4): $I_H = 45,4 \text{ A}; I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 59,0 \text{ A}; I_T = 1,2 \cdot$

$I_H = 54,5 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 3 \cdot I_H = 136,2 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 183,9 \text{ A}$;
автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 250 А;
розчіплювач (I_P): 200 А.

РП2 - ЕП1.5.1–1.5.2 (QF5): $I_H = 35,0 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 45,5 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 42,0 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 3 \cdot I_H = 105 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 141,8 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 250 А; розчіплювач (I_P): 160 А.

РП2 - ЕП1.6.1 (QF6): $I_H = 5,4 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 7,02 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 6,5 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 27 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 36,5 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 40 А.

РП2 - ЕП1.4.4 (QF7): $I_H = 26,4 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 34,3 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 31,7 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 79,2 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 106,9 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 125 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.1.1р - 1.1.2р - 1.1.3р - 1.1.4р - 1.1.5р (QF8): $I_H = 9,5 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 12,35 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 11,4 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 47,5 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 64,2 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 80 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.2.1р - 1.2.2р - 1.2.3р - 1.2.4р - 1.2.5р - 1.2.6р (QF9): $I_H = 16,3 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 21,2 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 19,6 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 81,5 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 110,0 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 125 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.3.1р - 1.3.2р (QF10): $I_H = 8,3 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 10,8 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 9,96 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 3 \cdot I_H = 24,9 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 33,6 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 40 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.3.3р (QF11): $I_H = 4,9 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 6,4 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 5,9 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 24,5 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 33,1 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 40 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.4.2р - 1.4.3р (QF12): $I_H = 1,12 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 1,5 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 1,4 \text{ A}$; $I_{\text{ПНК}} = 5 \cdot I_H = 5,6 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ПНК}} = 7,6 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 12,5 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.6.2р (QF13): $I_H = 2,62 \text{ A}$; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 3,4 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,2 \text{ A}$; $I_{ШК} = 5 \cdot I_H = 13,2 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ШК} = 17,7 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 25 А.

РП2 - ЕП (розетки) 1.7.1р - 1.7.2р (QF14): $I_H = 4,95 \text{ A}$; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 6,5 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 6,0 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 14,9 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ШК} = 20,1 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 25 А.

3.1.5 Схема електричних з'єднань ЩС2–ЩС3.

Вибір запобіжників. Типи запобіжників та їх плавкі уставки матимуть такі значення:

ЩС2 - ЕП 3.1 - 3.2 - 3.3(FU3, FU4): $I_H = 119,95 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 359,9 \text{ A}$;
 $I_{п.уст} \geq \frac{359,9}{2,5} = 143,9 [A]$; запобіжник типу ППНИ–35–1 (пл. уст. - 160 А).

ЩС3 - РП3 - ЕП 2.1.1 - 2.1.3 - 2.2.1 - 2.2.2 - 5.1.3 - 5.2.6 - 5.3.2 (FU5): $I_H = 87,3 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 262,0 \text{ A}$; $I_{п.уст} \geq \frac{262,0}{1,6} = 163,8 [A]$; запобіжник типу ППНИ–35–1 (пл. уст. - 200 А).

РП3 - ЕП 5.1.1 - 5.1.2 - 5.2.1 - 5.3.5 - 5.2.2 - 5.3.1 (FU6): $I_H = 27,6 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 82,7 \text{ A}$; $I_{п.уст} \geq \frac{82,7}{2,5} = 33,1 [A]$; запобіжник типу ППНИ–33–0 (пл. уст. - 40 А).

РП4 - ЕП 5.1.4 - 5.1.5 - 5.2.3 - 5.3.6 - 5.2.4 - 5.3.3 (FU7): $I_H = 27,6 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 82,7 \text{ A}$; $I_{п.уст} \geq \frac{82,7}{2,5} = 33,1 [A]$; запобіжник типу ППНИ–33–0 (пл. уст. - 40 А).

РП4 - ЕП 5.1.6 - 5.2.5 - 5.3.4 (FU8): $I_H = 15,9 \text{ A}$; $I_{ШК} = 3 \cdot I_H = 47,8 \text{ A}$;
 $I_{п.уст} \geq \frac{47,8}{2,5} = 19,2 [A]$; запобіжник типу ППНИ–33–0 (пл. уст. - 20 А).

РП5 - ЕП 9.1.1 - 9.1.2 - 5.1.3 - 5.1.4 - 5.1.5 (FU9): $I_H = 63,4 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 5 \cdot I_H = 316,9 \text{ A}$; $I_{\text{п. уст}} \geq \frac{316,9}{1,6} = 198,0 [\text{A}]$; запобіжник типу ППНИ-35-
 I (пл. уст. - 200 A).

Вибір автоматичних вимикачів. Типи автоматичних вимикачів та їх роз'єднувачі матимуть такі значення:

ЩС3 - РП3 (QF1): $I_H = 114,9 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 149,4 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 137,9 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot 87,3 + (114,9 - 87,3) = 289,5 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 390,8 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-37; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 400 A; розчіплювач (I_P): 400 A.

ЩС3 - РП4 (QF2): $I_H = 43,6 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 56,7 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 52,3 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot 27,6 + (43,6 - 27,6) = 98,8 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 133,4 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-35; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 250 A; розчіплювач (I_P): 160 A.

ЩС3 - РП5 (QF3): $I_H = 63,4 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 82,4 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 76,1 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 5 \cdot 41,6 + (63,4 - 41,6) = 229,8 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 310,2 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-37; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 400 A; розчіплювач (I_P): 315 A.

ЩС2 - ЕП3.1 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.5 - 3.6 (QF4 = QF5 = QF6 = QF7 = QF8 = QF9): $I_H = 39,98 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 52,0 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 48,0 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot I_H = 119,9 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 161,9 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-35; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 250 A; розчіплювач (I_P): 200 A.

ЩС2 - ЕП3.7 (QF10): $I_H = 3,28 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 4,3 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,9 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot I_H = 9,8 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 13,3 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-32; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 125 A; розчіплювач (I_P): 16 A.

РП3 - ЕП2.1.1 - 2.1.3 (QF11): $I_H = 31,3 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 40,7 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 37,6 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot I_H = 93,9 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 126,8 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88-33; габарит ($I_{\text{НОМ}}$): 160 A; розчіплювач (I_P): 125 A.

ЕП2.2.1 - 2.2.2 (QF12): $I_H = 40,8 \text{ A}$; $I_{\text{НОМ}} \geq 1,3 \cdot I_H = 53,1 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 49,0 \text{ A}$; $I_{\text{ШК}} = 3 \cdot I_H = 122,4 \text{ A}$; $I_{\text{ВДС}} \geq 1,35 \cdot I_{\text{ШК}} = 165,2 \text{ A}$;

автоматичний вимикач ВА 88–33; габарит ($I_{НОМ}$): 160 А;
розчіплювач (I_P): 160 А.

ЕП5.1.1 - 5.1.2 (QF13): $I_H = 2,7$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 3,5$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,25$ А;
 $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 8,13$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 10,9$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 12,5 А.

ЕП5.1.3 - 5.2.6 (QF14): $I_H = 4,8$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 6,25$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 5,8$ А;
 $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 14,4$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 19,5$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 25 А.

ЕП5.2.1 - 5.3.5 (QF15): $I_H = 10,3$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 13,4$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H =$
 $12,4$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 30,9$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 41,7$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 50 А.

ЕП5.2.2 - 5.3.1 (QF16): $I_H = 14,6$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 19,0$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H =$
 $17,5$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 43,8$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 59,2$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 63 А.

ЕП5.3.2 (QF17): $I_H = 10,4$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 13,5$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 12,5$ А; $I_{ПК}$
 $= 3 \cdot I_H = 31,2$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 42,1$ А; автоматичний вимикач
ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 50 А.

РП4 - ЕП5.14 - 2.15 (QF18): $I_H = 2,7$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 3,5$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,25$ А;
 $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 8,1$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 11,0$ А; автоматичний вимикач
ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 12,5 А.

ЕП5.1.6 - 5.2.5 (QF19): $I_H = 5,6$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 7,2$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 6,7$ А;
 $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 16,7$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 22,5$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 25 А.

ЕП5.2.3 - 5.3.6 (QF20): $I_H = 10,4$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 13,5$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H =$
 $12,5$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 31,2$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 42,1$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 50 А.

ЕП5.2.4 - 5.3.3 (QF21): $I_H = 14,6$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 19,0$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H =$
 $17,5$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 43,8$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 59,2$ А; автоматичний
вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 63 А.

ЕП5.3.4 (QF22): $I_H = 10,4$ А; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 13,5$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 12,5$ А; $I_{ПК}$
 $= 3 \cdot I_H = 31,2$ А; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 42,1$ А; автоматичний вимикач
ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 50 А.

РП5 - ЕП9.1.2 (QF23): $I_H = 41,6 \text{ A}$; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 54,0 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 49,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 207,8 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 280,5 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–37; габарит ($I_{НОМ}$): 400 А; розчіплювач (I_P): 315 А.

ЕП9.1.1 - 9.1.3 - 9.1.4 - 9.1.5 (QF24): $I_H = 20,8 \text{ A}$; $I_{НОМ} \geq 1,3 \cdot I_H = 27,1 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 25,0 \text{ A}$; $I_{ПК} = 5 \cdot I_H = 104,1 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 140,5 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{НОМ}$): 250 А; розчіплювач (I_P): 160 А.

ЩО1: $I_H = 58,8 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 176,5 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 238,3 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–35; габарит ($I_{НОМ}$): 250 А; розчіплювач (I_P): 250 А.

ЩО2: $I_H = 8,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 25,3 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 31,6 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–33; габарит ($I_{НОМ}$): 160 А; розчіплювач (I_P): 40 А.

ЩО3: $I_H = 86,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 259,0 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 323,8 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–37; габарит ($I_{НОМ}$): 400 А; розчіплювач (I_P): 315 А.

ЩО4: $I_H = 0,97 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 2,91 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 3,64 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 12,5 А.

ЩАО: $I_H = 9,9 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 29,7 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 37,1 \text{ A}$; автоматичний вимикач ВА 88–32; габарит ($I_{НОМ}$): 125 А; розчіплювач (I_P): 40 А.

3.2 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів

Площу перерізу провідників вибираємо від відгалужень окремих електроприймачів (ЕП) або їх групи, що пов'язана взаємним розташуванням, в напрямку до окремих розподільчих пристроїв і до джерела живлення. При виборі площі перерізу провідників дотримуємось рекомендацій ПУЕ, а також таблиці 5.10 [21], враховуючи коефіцієнт зменшення номінального струму $k_H = 0,8$. При цьому, для номінального струму електроприймача дотримуємось вимоги, що він не повинен бути більшим допустимого струму для провідника в даних умовах

експлуатації.

3.2.1 Схема електричних з'єднань РП1 – РП2 (харчоблок - силова мережа та розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції. Січення провідників, марка проводу чи кабелю, а також їх довжина матимуть такі значення, відповідно:

РП1(с) - ЕП1.1.6 - 1.4.1 – 1.4.8: $I_H = 33,15 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 50 \cdot 0,8 = 40,0 \text{ A}$; сечення провідників – $10,0 \text{ мм}^2$; довжина відрізка лінії – 18 м ; марка проводу – *ПВ 3–10,0–0,66*;

ЕП1.4.4: $I_H = 26,40 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 30 \cdot 0,8 = 24,0 \text{ A}$;– $4,0 \text{ мм}^2$; – 8 м ;– *ПВ 3–4,0–0,66*;

ЕП1.4.5 – 1.4.6 – 1.4.7: $I_H = 45,34 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 75 \cdot 0,8 = 60,0 \text{ A}$; – $16,0 \text{ мм}^2$;– 9 м ;– *ПВ 3–16,0–0,66*;

ЕП1.5.1 – 1.5.2: $I_H = 34,99 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 50 \cdot 0,8 = 40,0 \text{ A}$;– $10,0 \text{ мм}^2$; – 8 м ;– *ПВ 3–10,0–0,66*;

ЕП1.6.1: $I_H = 5,4 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 12 м ;– *ПВ 3–1,0–0,66*;

РП1(с) - ЕП1.1.6 ... 1.6.1: $I_H = 145,3 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 185 \cdot 0,8 = 148,0 \text{ A}$; – $70,0 \text{ мм}^2$;– 10 м ; марка кабелю - *ПсВГ 3x70+1x35*;

РП2(р) - ЕП1.1.1 ... 1.1.5: $I_H = 9,43 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$; – 10 м ; марка проводу – *ПВ 3–1,0–0,66*;

ЕП1.2.1 ... 1.2.6: $I_H = 16,28 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 27 \cdot 0,8 = 21,6 \text{ A}$;– $2,5 \text{ мм}^2$;– 12 м ;– *ПВ 3–2,5–0,66*;

ЕП1.3.1 ... 1.3.3: $I_H = 13,19 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 17 \cdot 0,8 = 13,6 \text{ A}$;– $1,5 \text{ мм}^2$; – 10 м ;– *ПВ 3–1,5–0,66*;

ЕП1.4.2 - 1.4.3: $I_H = 1,12 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$; – 8 м ;– *ПВ 3–1,0–0,66*;

ЕП1.6.2: $I_H = 2,62 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 15 \cdot 0,8 = 12,0 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 12 м ;– *ПВ 3–1,0–0,66*;

ЕП1.7.1 - 1.7.2: $I_H = 4,95 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 15 \cdot 0,8 = 12,0 \text{ A}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 8 м ;– *ПВ 3–1,0–0,66*;

РП2(р) - ЕП1.1.1 ... 1.7.2: $I_H = 47,59 \text{ A}$; $I_{\text{ДОП}} = 75,0 \cdot 0,8 = 60 \text{ A}$; – $16,0 \text{ мм}^2$;– 10 м ;– *ПВ 3–16,0–0,66*.

3.2.2 Схема електричних з'єднань ЩС2 (котельня - силова мережа та розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

ЩС2 (с) - ЕПЗ.1 - 3.3: $I_H = 119,95 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120,0 \text{ A}$; $- 50,0 \text{ мм}^2$; $- 4 \text{ м}$; марка кабелю - ПсВГ 3х50+1×25;

ЕПЗ.4 - 3.6: $I_H = 119,95 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120,0 \text{ A}$; $- 50,0 \text{ мм}^2$; $- 4 \text{ м}$; - ПсВГ 3х50+1×25;

ЩС2 (р): $I_H = 3,28 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ A}$; $- 1,0 \text{ мм}^2$; $- 6 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–1,0–0,66;

ЩС2 (с + р): $I_H = 243,2 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 290 \cdot 0,8 = 232 \text{ A}$; $- 120,0 \text{ мм}^2$; $- 4 \text{ м}$; марка кабелю - ПсВГ 3х120+1×70.

3.2.3 Схема електричних з'єднань РПЗ (дитячі приміщення 1-го поверху - силова мережа).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

РПЗ (с) - ЕП2.1.1 ... 2.2.2 - 5.1.3 - 5.3.2: $I_H = 87,33 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ A}$; $- 35,0 \text{ мм}^2$; $- 18 \text{ м}$; марка кабелю - ПсВГ 3х35+1×16;

ЕП5.1.1 - 5.1.2 - 5.2.1 - 5.2.2 - 5.2.6 - 5.3.1 - 5.3.5: $I_H = 27,58 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 38 \cdot 0,8 = 30,4 \text{ A}$; $- 4,0 \text{ мм}^2$; $- 15 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–4,0–0,66;

РПЗ (с) - ЕП2.1.1 ... 5.3.5: $I_H = 114,53 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120,0 \text{ A}$; $- 50,0 \text{ мм}^2$; $- 9 \text{ м}$; марка кабелю - ПсВГ 3х50+1×25.

3.2.4 Схема електричних з'єднань РП4 (дитячі приміщення 2-го поверху - силова мережа).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

РП4 (с) - ЕП5.1.4 - 5.1.5 - 5.2.3 - 5.2.4 - 5.3.3 - 5.3.6: $I_H = 27,59 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 38 \cdot 0,8 = 30,4 \text{ A}$; $- 4,0 \text{ мм}^2$; $- 15 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–4,0–0,66;

ЕП5.1.6 - 5.2.5 - 5.3.4: $I_H = 15,94 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 19 \cdot 0,8 = 15,2 \text{ A}$; $- 1,5 \text{ мм}^2$; $- 15 \text{ м}$; - ПВ 3–1,5–0,66;

РП4 (с) - ЕП5.1.4 ... 5.3.6: $I_H = 43,54 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 70 \cdot 0,8 = 56,0 \text{ A}$; $- 10,0 \text{ мм}^2$; $- 12 \text{ м}$; - ПВ 3–10,0–0,66.

3.2.5 Схема електричних з'єднань РП5 (майстерня - силова мережа + розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

РП5 (с) - ЕП9.1.2: $I_H = 41,55 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 70 \cdot 0,8 = 56,0 \text{ A}$; $- 10,0 \text{ мм}^2$; $- 5 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–10,0–0,66;

РП5 (р) - ЕП9.1.1 - 9.1.3 ... 9.1.5: $I_H = 20,82 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 27 \cdot 0,8 = 21,6 \text{ A}$; $- 2,5 \text{ мм}^2$; $- 16 \text{ м}$; $- ПВ 3-2,5-0,66$;

РП5 (с + р) - ЕП9.1.1 ... 9.1.5: $I_H = 63,37 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 85 \cdot 0,8 = 68,0 \text{ A}$; $- 16,0 \text{ мм}^2$; $- 50 \text{ м}$; ; марка кабелю - ПсВГ 3х16+1×10.

3.2.6 Схема електричних з'єднань ЩО1 (дитячі приміщення 1-го поверху - освітлення + розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

ЩО1 (осв + р): $I_H = 58,84 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 70 \cdot 0,8 = 56,0 \text{ A}$; $- 10,0 \text{ мм}^2$; $- 9 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–10,0–0,66.

3.2.7 Схема електричних з'єднань ЩО2 (харчоблок та електрощитова 1-го поверху - освітлення + розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

ЩО2 (осв + р): $I_H = 8,43 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,6 \text{ A}$; $- 1,0 \text{ мм}^2$; $- 9 \text{ м}$; марка проводу – ПВ 3–1,0–0,66.

3.2.8 Схема електричних з'єднань ЩО3 (дитячі приміщення 2-го поверху - освітлення + розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

ЩО3 (осв + р): $I_H = 86,34 \text{ A}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92 \text{ A}$; $- 25,0 \text{ мм}^2$; $- 20 \text{ м}$; марка кабелю - ПсВГ 3х25+1×16.

3.2.9 Схема електричних з'єднань ЩО4 (майстерня - освітлення + розетки).

Вибір кабельно-провідникової продукції:

ЩО4 (осв + р): $I_H = 0,97 \text{ А}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,6 \text{ А}$;– $1,0 \text{ мм}^2$;– 12 м ; марка проводу – ПВ 3–1,0–0,66.

3.2.10 Схема електричних з'єднань ЩАО (1-й та 2-й поверхи).

Вибір кабельно–провідникової продукції:

ЩАО (осв): $I_H = 9,88 \text{ А}$; $I_{\text{ДОП}} = 16 \cdot 0,8 = 12,6 \text{ А}$;– $1,0 \text{ мм}^2$; – 160 м ; марка проводу – ПВ 3–1,0–0,66.

3.2.11 Схема електричних з'єднань ЩС1 (харчоблок - сумарне навантаження).

Вибір кабельно–провідникової продукції:

ЩС1 (сумарне): $I_H = 192,86 \text{ А}$; $I_{\text{ДОП}} = 225 \cdot 0,8 = 180 \text{ А}$;– $95,0 \text{ мм}^2$;– 15 м ; марка кабелю - ПсВГ 3х95+1×50.

3.2.12 Схема електричних з'єднань ЩС3 (дитячі приміщення - сумарне навантаження).

Вибір кабельно–провідникової продукції:

ЩС3 (сумарне): $I_H = 221,84 \text{ А}$; $I_{\text{ДОП}} = 275 \cdot 0,8 = 220 \text{ А}$; – $95,0 \text{ мм}^2$;– 15 м ; марка кабелю - ПсВГ 3х95+1×50.

3.2.13 Схема електричних з'єднань ВРП (сумарне навантаження).

Вибір кабельно–провідникової продукції:

ВРП (1-й ввід: ЩС1 + ЩС2 + ЩАО): $I_H = 447 \text{ А}$;– $150,0 \text{ мм}^2$;– 45 м ; АВБбШв3х150+1х70.

ВРП (2-й ввід: ЩС3 + ЩО1 ... ЩО4): $I_H = 378 \text{ А}$;– $120,0 \text{ мм}^2$;– 250 м ; марка кабелю - АВБбШв3х120+1х70.

3.3 Кабельний журнал

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВЗ–1,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 240 м .

Те ж, ПВЗ–1,5–0,66 ГОСТ 6323–79 – 80 м .

Те ж, ПВЗ–2,5–0,66 ГОСТ 6323–79 – 60 м.

Те ж, ПВЗ–4,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 140 м.

Те ж, ПВЗ–6,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 50 м.

Те ж, ПВЗ–10,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 120 м.

Те ж, ПВЗ–16,0–0,66 ГОСТ 6323–79 – 100 м.

Кабель з ПВХ–самозатухаючою ізоляцією та ПВХ–оболонкою, без захисної броні марки ПсВГЗх25+1х16 ГОСТ 16442–80 – 10 м.

Те ж, ПсВГЗх35+1х16 ГОСТ 16442–80 – 8 м.

Те ж, ПсВГЗх50+1х25 ГОСТ 16442–80 – 10 м.

Те ж, ПсВГЗх70+1х35 ГОСТ 16442–80 – 20 м.

Те ж, ПсВГЗх95+1х50 ГОСТ 16442–80 – 5 м.

Те ж, ПсВГЗх120+1х70 ГОСТ 16442–80 – 15 м.

Кабель силовий броньований з ПВХ–ізоляцією та шлангом марки АВБбШвЗх120+1х70 ГОСТ 16442–80 – 250 м.

Те ж, АВБбШвЗх150+1х70 ГОСТ 16442–80 – 45 м.

3.4 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора

Електропостачання споживачів закладу здійснюється однією з ліній за допомогою силового трансформатора номінальною потужністю $S_{НОМ} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

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

Повний опір силового трансформатора:

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

де $u_{к.з.}$ - напруга при режимі к. з. на іншій обвитці транс-ра, %;

$S_{ном.Т}$ - ном. потужність транс-ра, кВА ;

U - напруга електромережі, В .

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

Опір трансформатора активний:

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

де $\Delta P_{к.з.}$ - втрати від струму к. з., *кВт*;

$S_{ном.Т}$ - ном. потужність транс-ра, *кВА*;

U - напруга мережі, *В*.

$$R_T = \frac{0,61 \cdot 10^3 \cdot 380^2}{(250 \cdot 10^3)^2} = 0,001409 \text{ Ом} = 1,409 \text{ мОм}.$$

Опір трансформатора реактивний:

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

$$X_T = \sqrt{26^2 - 1,409^2} = 25,96 \text{ мОм}.$$

Опір кола трифазного струму к. з. сумарний в т. *КІ*:

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

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

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

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

$R_{III}; X_{III}$ - опори шин від транс-ра до автомат. вимикача
($R_{III} = 0,5 \text{ мОм}; X_{III} = 2,25 \text{ мОм}$);

$R_a; X_a$ - котушок розчеплювачів опори макс. струму автомат. вимикачів (див табл. 3.1);

R_K - перехідні опори контактів (див табл. 3.2);

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

$$R_{\Sigma 1}^{(3)} = 1,409 + 0,5 + 0,25 + 0,12 + 0,2 = 2,479 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 1}^{(3)} = 25,96 + 2,25 + 0,094 + 0,3 = 28,6 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{2,479^2 + 28,6^2} = 70,91 \text{ мОм}.$$

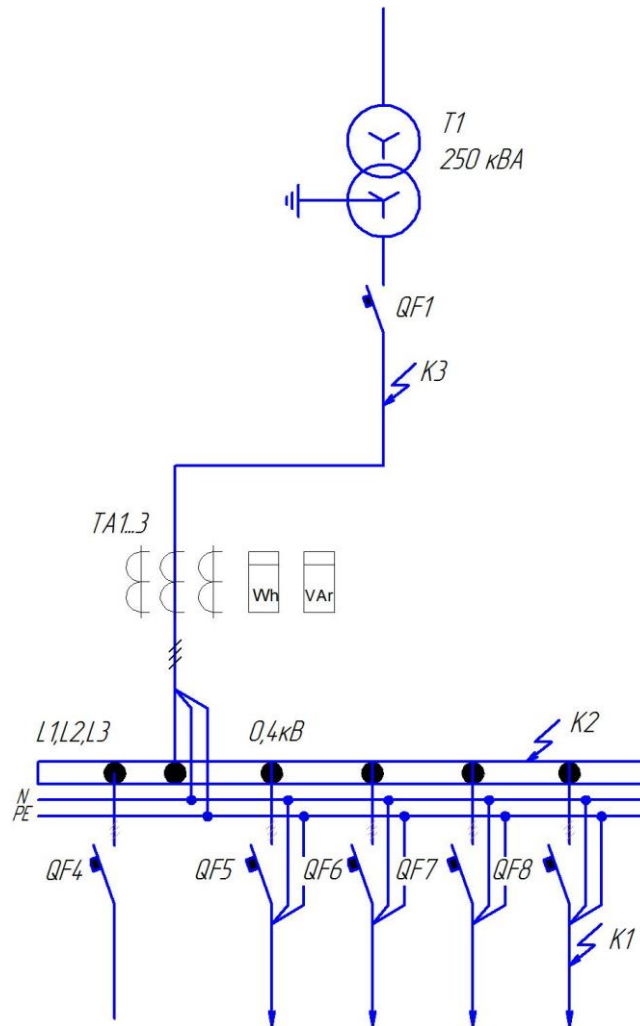


Рисунок 3.1 - Схема однолінійна для розрахунку струмів к. з

Струму трифазного к. з. діюче значення:

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

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 70,91 \cdot 10^{-3}} = 3,093 \cdot 10^3 \text{ A} \approx 3,09 \text{ кА}.$$

Струм к. з. від системи ударний:

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

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

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

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

Для визначення струмів к. з. в т. K2 потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Опір кола трифазного к. з. сумарний в т. $K2$:

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

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

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

$$R_{\Sigma 2}^{(3)} = 2,479 + 0,5 + 0,1 = 3,079 \text{ мОм} ;$$

$$X_{\Sigma 2}^{(3)} = 28,6 + 2,25 + 0,05 = 30,9 \text{ мОм} ;$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{3,079^2 + 30,9^2} = 31,05 \text{ мОм} .$$

Струму трифазного к. з. діюче значення визначаємо з формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 31,05 \cdot 10^{-3}} = 7,065 \cdot 10^3 \text{ А} = 7,06 \text{ кА} .$$

Струм к. з. від системи ударний визначаємо з формули:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 7,065 = 11,99 \approx 12 \text{ кА} .$$

Для визначення струмів к. з. в т. $K3$ потрібно визначити відносні опори елементів схеми.

Опір кола трифазного к. з. сумарний в т. $K3$:

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

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

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

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = 3,079 + 1,8 + 1,3 = 6,18 \text{ мОм} ;$$

$$X_{\Sigma 3}^{(3)} = 30,9 + 0,86 + 0,14 = 31,9 \text{ мОм} ;$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{6,18^2 + 31,9^2} = 32,49 \text{ мОм} .$$

Струму трифазного к. з. діюче значення визначаємо з формули:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 32,49 \cdot 10^{-3}} = 6,752 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 6,75 \text{ кА} .$$

Струм к. з. від системи ударний визначаємо з формули:

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

Визначаємо струми к. з. від асинхронних двигунів, приєднаних до даного автоматичного вимикача, для визначення сумарного ударного струму згідно виразу:

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

Ударний струм к. з. сумарний визначаємо з формули:

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

Нижче подані таблиці (3.1), (3.2), (3.3) розрахунку опорів кіл струму трифазного к. з.:

Таблиця 3.1 - Опори котушок розчіплювачів максимального струму

Номинальний струм автоматичного вимикача, А	100	140	200	400	600
X _a , мОм	0,86	0,55	0,28	0,10	0,094
R _a , мОм	1,8	0,74	0,36	0,15	0,12

Таблиця 3.2 - Опори перехідних контактів

Номинальний струм, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат: R _к , мОм	1,3	0,75	0,6	0,4	0,25	-	-
Рубильник: R _к , мОм	-	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08	-

Таблиця 3.3 - Опори обвиток трансформатора струму

Коефіцієнт трансформації трансформатора струму	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5
X _{тт} , мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17
R _{тт} , мОм	1,7	0,75	0,42	0,2	0,17

3.5 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності

Орієнтовна потужність пристроїв для компенсування реактивної енергії:

$$Q_{кбн} = P_p \cdot (tg\varphi_\phi - tg\varphi_H), кВ \cdot Ар,$$

де $tg\varphi_H = 0,329$ – норматив для енергосистеми (відповідає значенню

$\cos\varphi=0,95$);

$tg\varphi_\Phi = tg\varphi_C = 1,506$ – коефіцієнт реактивної потужності даного виробництва;

$P_P = 140,8 \text{ кВт}$ – активна потужність розрахункова електроприймачів.

Маємо

$$Q_{KB_H} = 140,8 \cdot (1,506 - 0,329) = 165,7 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

Оптимальна величина реактивної потужності низьковольтних конденсаторів, яка є доцільною для даного виробництва:

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

де $r_{E_T} = 0,0022 \text{ Ом}$ - трансформатора підстанції опір, що зведений до сторони нижчої напруги ($0,38 \text{ кВ}$) [15];

$\lambda = 0,6$ – коефіцієнт опору низьковольтної мережі [18];

$$M = U_H^2 \cdot \left(\frac{112,5 \cdot K_{DK_H}}{C_{O_E} \cdot T_B} + 0,5 \right), \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом},$$

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

потужності для низьковольтних і високовольтних конденсаторів;

$T_B = 8760 \text{ год.}$ – робоча тривалість увімкненого стану конденсаторних батарей;

$C_{O_E} = \frac{A}{T_{MAKS}} + B \cdot 10^{-3}$ - вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ електроенергії, що втрачена в

конденсаторних установках;

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

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

$$C_{O_E} = \frac{431}{4239} + 77 \cdot 10^{-3} = 0,18 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}.$$

$$M = 0,38^2 \cdot \left(\frac{112,5 \cdot 6,0}{0,18 \cdot 8760} + 0,5 \right) = 0,134 [\text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом}].$$

Тоді маємо:

$$Q_{KH_{opt}} = \frac{211,95}{2} - \frac{0,134}{0,0022 \cdot (1+0,6)} = 67,88 [кВ \cdot Ар].$$

За таблицею 2–38 [24] може бути вибрана стандартна низьковольтна конденсаторна установка типу *KPM–0,38–100–25* в кількості 1 шт. потужністю 100 *кВ·Ар* з ступеневим регулюванням реактивної потужності по 25 *кВ·Ар*.

Згідно розрахунку вибираємо дві ступені. Високовольтною конденсаторною установкою скомпенсовуємо залишок реактивної потужності; її потужність визначаємо з виразу:

$$Q_{KB_B} = Q_{KB_H} - Q_{KV} = 67,9 - 50 = 17,9 \approx 18 [кВ \cdot Ар].$$

Утворений запас по компенсації реактивної потужності в кількості 18 *кВ·Ар* може бути реалізований на високій стороні при розрахунках компенсації інших споживачів, приєднаних до даного трансформатора КТП.

3.6 Висновки до розділу

1. Проведений вибір захисної апаратури електромережі дитячого закладу у складі: запобіжників та автоматичних вимикачів для комплектації ввідного розподільчого пристрою, трьох щитків силових, п'яти щитків освітлення, в тому числі й аварійного.

2. Проведений вибір січення та довжини кабельно-провідникових елементів силової, розеткової й освітлювальної електромережі та сформований кабельний журнал.

3. Проведений розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора трифазними струмами короткого замикання й розраховані опори кіл цих струмів.

4. Проведений вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності по схемі дворівневої компенсації на низькій і високій напругах трансформатора підстанції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи з електробезпеки в приміщеннях дитячих закладів

Захисні заходи безпеки електроустановок в приміщеннях дитячих закладів, як і в житлових, громадських, адміністративних та побутових приміщеннях будинків і споруд повинні виконуватися відповідно до вимог розділу 1.7 ПУЕ [18] і додаткових вимог ДНАОП 0.00-1.32-01 [9].

У будинках житлового та іншого призначення лінії групової електромережі повинні виконуватися трипровідними (фазний – L , нульовий робочий – N , нульовий захисний – PE провідники).

Забороняється об'єднання нульових робочих та нульових захисних провідників різних групових ліній. Нульовий робочий та нульовий захисний провідники заборонено під'єднувати на щитках під загальний контактний затискач (п. 2.5.5 ПУЕ [18]).

У всіх приміщеннях необхідне приєднання відкритих провідних частин світильників загального освітлення і стаціонарних електроприймачів (електричних плит, кип'ятильників, побутових кондиціонерів, електрорушників тощо) до нульового захисного PE провідника.

У приміщеннях житлових та комунальних будинків металеві корпуси однофазних переносних електроприладів і настільних засобів оргтехніки класу 1 за ГОСТ 12.2.007.0–75 «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки» слід приєднувати до захисних провідників трипровідної групової лінії.

До захисних провідників слід приєднувати металеві каркаси підвісних стель, перегородок, дверей та рам і конструкцій для прокладання кабелів.

На групових лініях, які живлять штепсельні розетки для переносних електричних приладів, рекомендується передбачати пристрій захисного вимкнення (ПЗВ) з номінальним диференційним струмом спрацьовування не більше 30 мА.

Установка ПЗВ є обов'язковою, якщо пристрій захисту від надструмів (автоматичний вимикач, запобіжник) не забезпечує заданого часу автоматичного відключення відповідно до вимог ГОСТ 30331.3–95 «Електроустановки будівель.

Ч. 4. Вимоги безпеки. Захист від ураження електричним струмом» - 0,4 с за номінальної напруги 220 В, і, якщо установка не охоплена системою зрівнювання потенціалів або розетки розташовані зовні приміщень та в приміщеннях, особливо небезпечних чи з підвищеною небезпекою (наприклад, у зоні ванних і душових приміщень, групових кімнат дошкільних закладів, номерів готелів).

У разі установа ПЗВ послідовно повинні виконуватися вимоги селективності. При дво- і багатоступеневих схемах ПЗВ, розміщений ближче до джерела живлення, повинен мати уставку і час спрацьовування утричі більші, ніж ПЗВ, розміщений ближче до споживача.

У зоні дії ПЗВ нульовий робочий провідник не повинен мати з'єднання із заземленими елементами і нульовим захисним провідником. У всіх випадках ПЗВ повинен забезпечувати надійну комутацію кіл навантаження з урахуванням можливих перевантажень.

Повинні використовуватися переважно ПЗВ, які є єдиним апаратом з автоматичним вимикачем, що забезпечує захист від надструмів. Використання ПЗВ у групових лініях, які не мають захисту від надструмів, без додаткового апарату, що забезпечує цей захист, не допускається.

У житлових будинках не допускається використання ПЗВ, які автоматично вимикають споживача від мережі в разі зникнення або недопустимого зниження напруги мережі. У цих випадках ПЗВ повинен зберігати роботоздатність на термін не менше, ніж 5 с у разі зниження напруги до 50% від номінальної.

Забороняється установа ПЗВ для електроприймачів, відключення яких може призвести до ситуацій, небезпечних для споживачів (вимикання протипожежної сигналізації тощо).

Для житлових будинків у разі додержання попередніх вимог функції ПЗВ можуть виконуватися одним апаратом із струмом спрацьовування не більше 30 мА.

На вводі в будинок повинна бути виконана *основна* система зрівнювання потенціалів шляхом об'єднання таких струмопровідних частин:

- основний (магістральний) захисний заземлювальний провідник;
- основний (магістральний) заземлювальний провідник або основний заземлювальний затискач;

- сталеві труби комунікацій будинків і між будинками;
- металеві частини будівельних конструкцій, блискавкозахисту, системи центрального опалення, вентиляції та кондиціонування.

Такі струмопровідні частини повинні бути з'єднані між собою на вводі в будинок.

Слід на протязі всієї мережі повторно виконувати *додаткове* зрівнювання потенціалів. До додаткової системи зрівнювання потенціалів повинні бути під'єднані всі доступні доторканню відкриті струмопровідні частини стаціонарних електроустановок, сторонні струмопровідні частини і нульові захисні провідники всього електрообладнання (у т. ч. штепсельні розетки).

Нагрівальні елементи, які закладені в підлогу, повинні бути покриті заземленою металевою сіткою або заземленою металевою оболонкою, приєднаними до системи зрівнювання потенціалів. Як додатковий захист для нагрівальних елементів рекомендується використовувати ПЗВ на струм до 30 мА.

В установках електричного кабельного обігріву (ЕКО) слід застосовувати пристрої захисного вимкнення (ПЗВ) з номінальним диференціальним струмом спрацьовування не більше 30 мА. Допускається використовувати ПЗВ з номінальним диференціальним струмом спрацьовування до 100 мА, якщо натуральний диференціальний струм витоку нагрівальних секцій перевищує 10 мА.

З'єднання з електричною мережею з допомогою штепсельної вилки допускається тільки для саморегульовальних нагрівальних кабелів.

Допускається застосовувати один ПЗВ на групу кабельних нагрівальних секцій (груповий ПЗВ). У таких випадках кожен кабельну нагрівальну секцію слід захищати окремим автоматичним вимикачем.

Металеву оболонку (екран) нагрівальних кабелів слід приєднувати до захисного *РЕ* провідника розподільної мережі установок ЕКО з обох кінців з допомогою затискачів чи болта. У разі застосування нагрівального кабелю без металевої оболонки (екрана) над ним слід укласти рулонну металеву сітку з розміром комірок (50x50) мм і приєднувати її до системи зрівнювання потенціалів.

На всіх об'єктах, оснащених установками ЕКО, слід установлювати

попереджувальні таблички так, щоб їх було добре видно.

4.2 Заходи протипожежної безпеки в дошкільних навчальних закладах

Завданням суспільного виховання дітей в дошкільних закладах є: всебічний їх розвиток, забезпечення охорони здоров'я, правильне фізичне, розумове, моральне та естетичне виховання. Площа і об'єм приміщень дитячих закладів повинні забезпечити кожній дитині достатню кількість повітря, організацію безпечного режиму перебування в них, а також дозволити розмістити необхідне устаткування.

Дошкільні навчальні заклади слід розміщувати, як правило, в будинках, що стоять окремо і мають не нижче II ступеня вогнестійкості згідно нормативу ДБН В.2.2–9:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення». Опалювані переходи, а також веранди, прибудовані навіси, тераси, галереї слід проектувати того самого ступеня вогнестійкості, що і основні будинки. Допускається приймати вогнестійкість прибудованих до будинків навісів і веранд на один ступінь нижче, ніж вогнестійкість основного будинку за умови відокремлення їх протипожежними стінами I-го типу.

Допускається прибудова дитячих закладів загального типу не нижче II-го ступеня вогнестійкості до глухих торців житлових будинків I-II-го ступеня вогнестійкості. Висота надземних поверхів дитячих будинків від підлоги до підлоги наступного поверху повинна прийматися не менше 3,3 м.

У будинках дошкільних закладів слід передбачати зовнішні входи до приміщень для дітей, а також центральний вхід у будинок, який допускається об'єднувати із входом до приміщень для дітей дошкільного віку. Зовнішні входи до приміщень для дітей ясельного віку повинні бути самостійними.

Шляхами евакуації є коридори, сходові клітки, веранди. Ширина коридорів, евакуаційних проходів повинна бути не менше 1,4 м. Шляхи евакуації мають відповідати нормативним вимогам пожежної безпеки.

З кожного поверху дитячого будинку, а також з кожного приміщення повинно бути передбачено не менше двох розосереджених виходів. Як другий евакуаційний вихід з другого поверху будинку II-го ступеня вогнестійкості

допускається використовувати зовнішні відкриті металеві сходи з ухилом не більше 45° . Ширина маршів зовнішніх відкритих сходів і дверей на їх площадки має бути розрахована на число осіб, які евакуюються, але не менше 0,8 м, а ширина суцільних проступів їх сходинок - не менше 0,2 м.

На шляхах евакуації опорядження стін і стелі, покриття підлог в сходових клітках і холах повинні бути виконані з негорючих матеріалів.

Поручні та огорожа у будинках мають відповідати таким вимогам: висота огорожі сходів, якими користуються діти, повинна бути не менше 1,3 м; вертикальні елементи в огорожі повинні мати просвіт не більше, ніж 0,1 м, горизонтальне членування не допускається; поручні для дорослих повинні розташовуватись на висоті 0,85 м, а для дітей - біля стін або на огорожі сходів - на висоті 0,5 м; висота огорожі ганків, що розміщені на рівні 0,45 м і більше від землі, повинна бути не меншою 0,8 м; на засклених дверях з двох боків повинні передбачатися захисні ґрати на висоту не менше 1,2 м. Встановлювати ґрати на вікнах приміщень, де знаходяться діти, не допускається.

Всі приміщення, пов'язані з тривалим перебуванням дітей, повинні мати природне освітлення. При цьому коефіцієнт природної освітленості (КПО) в груповій повинен бути не меншим 1,5%, у спальні - не більшим 1%.

Допускається не передбачати природного освітлення в приміщенні прийому їжі, коморах, а також душовій та басейні, туалеті для дорослих та технічних приміщеннях.

Для обмеження перегріву приміщень необхідно передбачати стаціонарні сонцезахисні пристрої на вікнах ігрових, спалень, залів для музичних та фізкультурних занять, приміщення кухні, заготівельного приміщення і пральні. Сонцезахисні пристрої на вікнах повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів і не перешкоджати евакуації дітей і персоналу з будинку.

4.2.1 Захисні заходи протипожежної безпеки при застосуванні нагрівних опалювальних кабелів.

Нагрівальний кабель не повинен створювати небезпеку займання навколишнього середовища. В умовах нормальної експлуатації нагрівальний кабель не повинен нагрівати предмети, які вироблені з горючих матеріалів, до

температури вище +80°C.

Для захисту від пожежі слід застосовувати автоматичні обмежувачі температури. Допускається не використовувати автоматичні обмежувачі температури в таких випадках:

- монтаж нагрівального кабелю виконано у вогнетривкому середовищі (наприклад, кабель залитий бетоном);
- застосовується саморегулювальний нагрівальний кабель.

4.3 Підвищення стійкості функціонування дитячого закладу в умовах можливих надзвичайних ситуацій

Під стійкістю роботи об'єктів, які безпосередньо не виробляють матеріальні цінності, розуміють здатність їх виконувати свої функції в надзвичайних умовах. Це положення є вірним як щодо типових дитячих дошкільних закладів, так і дитячих будинків різного типу.

На стійкість роботи об'єктів в можливих надзвичайних ситуаціях (НС) впливають такі фактори [11]:

- надійність захисту дорослих і дітей від дії факторів НС;
- захищеність об'єктів від уражувальних факторів техногенного характеру (пожеж, вибухів, затоплень, зараження отруйними речовинами);
- надійність системи постачання всім необхідним для функціонування закладів в умовах дії уражувальних факторів (сировиною, паливом, побутовими виробами, електроенергією, водою, газом і т. ін.);
- стійкість і готовність об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійно - відновлювальних робіт.

Серед всіх завдань з підвищення стійкості роботи об'єктів основним є завдання завчасного прийняття заходів із забезпечення захисту дітей, працівників закладів, а також членів їх родин.

Оцінка стійкості роботи об'єкта в НС може бути виконана за допомогою моделювання вразливості (характер руйнувань, пожеж, ураження персоналу) об'єкта при дії уражувальних факторів на основі використання результатів випробувань і розрахункових даних [13].

Так, на основі аналізу результатів оцінки вторинного джерела хімічного ураження визначаються можливі наслідки в осередку ураження, виходячи із забезпеченості виробничого персоналу і населення засобами захисту. Встановлюється можливість герметизації споруд приміщень, а також можливість перебування в засобах індивідуального захисту. Визначаються можливості проведення знезараження території об'єкта, будівель та споруд і проведення санітарної обробки людей у випадку необхідності.

Для підвищення стійкості роботи дитячого закладу в умовах дії електромагнітного імпульсу проводиться аналіз і оцінка стійкості всіх видів апаратури електропостачання, електричних систем, радіотехнічних засобів і засобів зв'язку, які є на об'єкті.

4.3.1 Заходи цивільного захисту в умовах інклюзивної освіти.

Сучасні вимоги нормативно-правових документів, якими керується система цивільного захисту в галузі освіти, інтерпретують заклад освіти як об'єкт захисту та визначають завдання, виконання яких сприяє вдосконаленню професійних компетенцій з питань цивільного захисту у педагогічних працівників та забезпечує виключно всім учням, в тому числі і з особливими освітніми потребами в умовах інклюзивної освіти, рівний доступ до вироблення компетенцій з безпеки [5].

В результаті проведених дослідно-експериментальних робіт нині сформовані та упорядковані такі умови безперешкодного проведення заходів цивільного захисту в інклюзивному закладі освіти:

1. Необхідно створювати середовище безбар'єрного пересування учнів до/ в /з будівлі та відповідну базу з урахуванням видів захворювань учнів.

2. Застосовувати педагогічні ресурси працівників закладу для вироблення в учнів з особливими освітніми потребами компетенцій з цивільного захисту та безпеки життєдіяльності:

– інтегрувати знання з цивільного захисту в корекційно – розвиткові заняття, які проводять відповідні фахівці;

– проводити практичні заходи, зокрема евакуацію, для учнів з особливими освітніми потребами відповідно їх видів захворювань та з урахуванням будови і

оснащення інклюзивного закладу освіти;

– забезпечувати безперервність навчання щодо питань безпеки, основним аспектом якої є робота з батьками.

3. Вдосконалювати професійні компетенції педагогів з питань цивільного захисту, які працюють з учнями з особливими освітніми потребами.

Теоретичне обґрунтування вищезазначених засад методичної системи викладено в Методичних рекомендаціях «Заходи цивільного захисту в умовах інклюзивної освіти» (Харків, 2019 р.), які є методичним ресурсом підготовки закладів освіти, де навчаються діти з особливими освітніми потребами, до здійснення заходів безпеки їх життєдіяльності [5].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено модернізацію системи електропостачання ДНЗ №13, м. Черкаси для забезпечення енергоефективності та надійності постачання електроенергії з оптимізацією її витрат.

Отримані такі результати:

1. Проведений аналіз принципів організації предметного середовища для дітей в дитячих дошкільних закладах та розроблені заходи щодо їх реалізації в межах закладу.

2. Проведений аналіз облаштування електротехнічних пристроїв в приміщеннях дитячих закладів та розроблені заходи щодо нормативного забезпечення постачання електроенергії.

3. Проведений аналіз вимог до електроосвітлення приміщень закладу, яке передбачається робочим, аварійним, евакуаційним (аварійне для евакуації) і черговим, для якого використовуються світильники евакуаційного освітлення.

4. Подана загальна характеристика дитсадка з переліком приміщень та їх площею. Визначені приміщення з умовами підвищеної небезпеки.

5. Проведений аналіз категорії надійності електропостачання дитячого закладу та проведений вибір схеми силової мережі. Визначений метод під'єднання до електромережі інженерних систем пожежного захисту.

6. Проведений аналіз загальної характеристики електроспоживання дитсадка й поданий перелік його потужностей. Визначені трансформаторні підстанції, які підлягають модернізації для виконання умов електроспоживання.

7. Проведений аналіз використання електричної кабельної системи опалення. Наведені економічні й комфортні переваги такої системи опалення приміщень завдяки оптимальному розташуванню нагрівального кабелю.

8. Проведено вибір схеми електропостачання дитячого закладу та визначені місця розташування розподільчих пристроїв, щитків силових та освітлення електромережі закладу.

9. Проведений розрахунок електричних навантажень силової мережі закладу: електрообладнання харчоблоку, пральні, котлів електродних котельні, матів нагрівних для електрообігріву підлоги, а також трансформатора.

10. Проведений розрахунок електричного освітлення приміщень закладу. Для деяких приміщень врахований підвищений ступінь захисту світильників. Сформована світлотехнічна відомість дитсадка-ясел.

11. Досліджена концепція виробництва біогазу з газомісткої органічної сировини та визначені найбільш перспективні відходи сільськогосподарських культур щодо отримання з них біогазу.

12. Досліджена модель екологічної оптимізації маловідходної технології переробки органічної сировини за критерієм ступеня замкненості виробництва і мінімізації впливу на довкілля.

13. Досліджена модель виходу біогазу в залежності від складу харчових відходів з додаванням активних речовин, що робить можливим впровадження подібних технологій для замкненої утилізації харчових відходів.

14. Проведений вибір захисної апаратури електромережі закладу у складі: автоматичних вимикачів для комплектації ввідного розподільчого пристрою, трьох щитків силових, п'яти щитків освітлення, в тому числі й аварійного.

15. Проведений вибір січення та довжини кабельно-провідникових елементів силової, розеткової й освітлювальної електромережі.

16. Проведений розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора трифазними струмами короткого замикання й розраховані опори кіл цих струмів.

17. Проведений вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності по схемі дворівневої компенсації на низькій і високій напругах трансформатора підстанції.

Модернізована система електропостачання дитячого закладу відповідає нормативним вимогам щодо енергоефективності, надійності електропостачання та забезпечення безпеки персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Батлук В. А. Охорона праці. Підручник / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк. – Львів : Вид-цтво НУ «Львівська політехніка», 2009, 360 с.
2. Белякова І. В. Підвищення ефективності систем енергозабезпечення комунальних закладів / І. В. Белякова, О. О. Вакуленко, М. П. Шпунт // Матеріали ІХ МНТК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (25–26 листопада 2020 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. 2. – Тернопіль, 2020. – С. 92–93.
3. Волошин М. Д. Технологія отримання біогазу на основі харчових відходів / М. Д. Волошин, К. В. Гаценко // Хімічні технології та інженерія. Біотехнології та біоінженерія. Екологія. - 2019. - №2. - С. 131–136.
4. Гайказова Р.Т. Оформление детских дошкольных заведений / Р.Т. Гайказова, Т.Д. Костыкина. – М.: Просвещение, 1974.– 160 с.
5. Горпинченко В. М. Заходи цивільного захисту в умовах інклюзивної освіти // Матеріали 20-ї ВНК «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (9–10 жовтня 2018 р., м. Київ) : Зб. тез доп. – К., 2018. – С. 139–141.
6. Державні будівельні норми України. Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів: ДБН В.2.2-4-1997. – К. : Держбуд України, 1998.– 120 с.
7. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Електрична кабельна система опалення: ДБН В.2.5-24–2003. – К.: Держбуд України, 2004.– 30 с.
8. Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В 2.5-23–2003. – К.: Держбуд України, 2004.– 180 с.
9. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б А.2.2-12:2015 – [Чин. від 2016-01-01] / Мінрегіон України. – К: Укрархбудінформ, 2015. – 140 с. – (Нац. стандарт України).
10. 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
11. Ерошина Г.М. Мебель и игровое оснащение для детей дошкольного возраста. – М.: ВНИИТЭ, 1972.– 140 с.
 12. Кодекс цивільного захисту України (від 02.10.2012 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
 13. Кучерук П. П. Перспективи виробництва біогазу з сумішей гнойових відходів тваринництва та рослинної сировини в Україні / П. П. Кучерук, Ю. Б. Матвеев та ін. // Промислова теплотехніка. - 2013. - №1. - С. 107–113.
 14. Луньова О. В. Підвищення екологічної безпеки способу знешкодження твердих побутових відходів // Вісник Житомир. держ. техн. ун-ту. Серія «Технічні науки». - Житомир, 2008. - Вип. III (46). - Т. 1. - С. 174–177.
 15. Охрана труда в электроустановках: Учебн. для вузов / Под ред. Б. А. Князевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
 16. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок: ДНАОП 0.00-1.32-01. – К.: Київпромелектропроект, 2001.– 80 с.
 17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – К.: УкрНДПВТІ «Укрсіленергопроект», 2007.– 150 с.
 18. Правила улаштування електроустановок / Вид. офіційне. Міненерговугілля України. – Харків : Вид-во «Форт», 2017. – 760 с.
 19. Правила улаштування електроустановок. Розд. 6. Електричне освітлення. – К.: ОЕП «Галузевий фонд розвитку енергетики», 2006.– 30 с.
 20. Правила улаштування електроустановок. Розд. 1. Загальні правила. Гл. 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки. – К.: ОЕП «Галузевий фонд розвитку енергетики», 2007.– 34 с.
 21. Проектирование кабельных сетей и проводок / Под ред. Г.Е. Хромченко. – М.: Энергия, 1980.– 230 с.
 22. Ратушняк Г. С. Інтенсифікація виробництва біогазу як альтернативного джерела енергії / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна // Зб. наук. статей «III-го Всеукр. з'їзду екологів з міжнародною участю». - Вінниця, 2011. - Т.1. - С. 239–241. - Режим доступу: <http://есо.com.ua>.
 23. Справочная книга для проектирования электрического освещения /

- Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Энергоатомиздат. Санкт–Петербург. отд., 1992. – 448 с. : ил.
24. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей / Под ред. Я.М. Большама, В.И. Круповича; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974.– 248 с.
25. Степанов Д. В. Принципи створення маловідходних систем виробництва енергоносіїв з органічних відходів // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. - 2012. - №1. - С. 85–89.
26. Строкаль В. П. Механізм утилізації твердих побутових відходів на місцевому рівні як засіб збереження біологічних властивостей ґрунтів / В. П. Строкаль, А. В. Ковпак // Вісник Харків. нац. аграр. ун-ту. Серія «Екологія ґрунтів». - 2017. - №2. - С. 348–356.
27. Чміль А. І. Енергетична ефективність і екологічна безпека замкнутих еколого–біотехнічних систем в тваринництві : Монографія. - К. : ЦК «Компринт», 2015. - 163 с.
28. Чміль А. І. Підвищення енергетичної ефективності екологобезпечних технологій очищення відходів свиновідгодівельних комплексів / А. І. Чміль, Ю. О. Олійник // Енергетика і автоматика. - 2019. - №2. - С. 74–81.
29. Юркова В. В. Аналіз енергоефективності роботи когенераційних установок на біопаливі / В. В. Юркова, В. І. Шкляр, В. В. Дубровська // Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2014. - №3. - С. 29–33.