

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка системи електротеплоакумуляційного обігріву
навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	Грицан І.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Козак К.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Вакуленко О.О. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	Сіткар О.А. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

« 08 » лютого 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

студенту Грицану Івану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електро теплоакумуляційного обігріву
навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І.Пулюя

Керівник роботи Козак Катерина Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 26 січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом роботи 18 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічна документація для побудови електроцистової 0,4кВ.
Технічна характеристика і параметри електричних конвективних котлів ЕКВК ЗРА
Е КОБІОТЕХ. Технічна характеристика акумуляторів тепла загальним об'ємом 25 м³.

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

1. Аналітичний розділ.

2. Проектно-конструкторський розділ.

3. Розрахунковий розділ.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

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

1. План поверхів навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І.Пулюя. 2. Електрична схема котельні.

3. Схема підключення автономної котельні до кабельних ліній 0,4 кв ват "Тернопільобленерго".

4. Силова частина автономної котельні та її розташування в навчальному корпусі №5 ТНТУ
ім. І.Пулюя. 5. Будова і технічні характеристики котла ЕКВК Екобіотех.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доц. кафедри МТ Гурик О.Я.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ст. викл. кафедри ЕІ Вакулєнко О.О.</i>		

7. Дата видачі завдання

08 лютого 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком кваліфікаційної роботи	08.02.21 – 18.03.21	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	19.03.21 – 22.05.21	
3	Підготовка розділу «Безпека життєдіяльності та основи ОП»	23.05.21 – 01.06.21	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	02.06.21 – 07.06.21	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	08.06.21 – 12.06.21	
6	Отримання відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу, підготовка доповіді на захист	12.06.21 – 18.06.21	

Студент

_____ (підпис)

Грицан І.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Козак К.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс – 41. - Т. : ТНТУ, 2021.

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 66 сторінок. В роботі міститься 16 рисунків, 12 таблиць, 27 літературних джерел, виконано аркушів презентації.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: « Розробка системи електротеплоаккумуляційного обігріву навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя ».

Метою роботи є розробка системи електротеплоаккумуляційного електрообігріву навчального корпусу для забезпечення споживачів теплом та гарячою водою.

Основним технічним рішенням проекту є впровадження енергоефективного обладнання, а також технологічні особливості роботи системи електротеплоаккумуляційного обігріву навчального корпусу, яка буде працювати за диференційованими тарифами на електроенергію.

Перелік ключових слів:

ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРООБІГРІВ, ЕЛЕКТРОКОТЕЛ, АКУМУЛЯЦІЯ ТЕПЛОТИ, ТЕПЛОВТРАТИ, ПОТУЖНІСТЬ, АКУМУЛЯТОР ТЕПЛА, СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ, НАВЧАЛЬНИЙ КОРПУС.

ЗМІСТ

	с.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Оцінка можливостей впровадження електротеплоакумуляційних технологій в Україні	9
1.2 Проблеми електроакумуляційного обігріву	17
1.3 Постановка задачі до проектування	20
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Теплотехнічна частина	21
2.2 Електротехнічна частина	28
2.3 Висновки до розділу 2	35
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Розрахунок теплотехнічних показників навчального корпусу №5	36
3.2 Розрахунок теплових втрат, та теплової потужності проектованої котельні	43

3.3 Техніко-економічні розрахунки запровадження системи опалення навчального корпусу №5	50
3.4 Висновки до розділу 3	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Правила безпеки при експлуатації електротеплоаккумуляційних систем	54
4.2 Розрахунок захисного занулення системи електротеплоаккумуляційного обігріву	55
4.3 Безпека при гасінні електроустановок	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС	Атомна електростанція
ВДЕ	Відновлювальні джерела енергії
ГАЕС	Гідроакумуюча електростанція
ГЕС	Гідроелектростанція
ДГН	Добовий графік навантаження
ЕРС	Електрорушійна сила
ЕТА	Електротеплоаккумуляційні
КЕС	Конденсаційні електростанції
НКРЕ	Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики
НКРРКП	Національної комісії регулювання ринку комунальних послуг
ПЕР	Паливно-енергетичні ресурси
СЦТ	Система централізованого теплопостачання
ТДПЧ	Тариф диференційований за періодами часу
ТЕЦ	Теплоелектроцентраль

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Електрична енергія є зручним і найбільш універсальним видом енергоносія, який від традиційних енергоносіїв відрізняється у кращий бік - екологічністю, технологічністю, спроможністю практично миттєво передаватися на великі відстані до кінцевого споживача з великою густиною і з малими втратами та перетворюватися у інші види енергії, зручністю обліку, контролю та керування.

Для розвитку електроопалення велике значення має наявність відповідної енергетичної інфраструктури, особливо електромереж. Технічне обладнання більшості електромереж тривалий час не модернізувалося. Питання оснащення споживачів технологіями та обладнанням повинно вирішуватися одночасно з питанням достатньої технічної забезпеченості за електричним вводом. З відомостей про електропостачальні компанії України видно, що оснащення повітряними і кабельними лініями електропередач в Україні є більш рівномірним. У цілому ці дані свідчать про приблизно рівну, однакову можливість забезпечити електрообігрівом усю територію України.

В Україні спостерігається дефіцит маневрових потужностей. У низці критичних випадків до участі у процесі регулювання графіка навантажень долучалися навіть потужні ТЕС і АЕС, що взагалі вважається неприпустимим у енергетиці. Крім того, існуюча система регулювання за допомогою маневрових потужностей не спроможна забезпечити підтримку характеристик у межах діючих норм енергосистем Європи (UCTE), а реконструкція систем автоматичного регулювання енергоблоків ТЕС потребує значних капітальних вкладень. Можна також прогнозувати збереження дефіциту маневрових потужностей і у майбутньому, оскільки у перспективі до 2030 р. планується зростання в Україні виробництва електроенергії з 185236 до 420190 млн. кВт в умовах домінування

атомної і теплової вугільної генерації при обмеженні спорудження нових ГАЕС.

Отже, використання нових енергоефективних способів і технічних засобів ущільнення графіків навантаження ОЕС є одним із актуальних завдань електроенергетики України.

Акумуляційне електроопалення, яке пропонується, здатне не тільки замкнути, але і синхронізувати виробництво енергії та її споживання в єдиному колі, поєднати за умови миттєвого обліку перетоків енергії переваги централізованого її виробництва з перевагами децентралізованого прикінцевого споживання енергії. Таке опалення відповідає новій концепції забезпечення ефективності теплопостачання, яка передбачає оцінку енергоефективності на базі мінімізації витрат первинних енергетичних ресурсів на усьому шляху їх трансформації, зокрема, на етапах від генерації енергії до прикінцевого її споживання включно.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електротепло-акумуляційного електрообігріву навчального корпусу для забезпечення споживачів теплом та гарячою водою.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 66 арк. формату А4, графічна частина – 17 аркушів презентації.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Оцінка можливостей впровадження електротеплоаккумуляційних технологій в Україні

Сьогодні набула поширення реклама електроенергії як джерела тепла для систем опалення. При цьому вживаються дуже яскраві епітети та тлумачення: надійність, економічність, екологічна чистота, зручність тощо. Бажання будь-якою ціною продати або некомпетентність призводять до того, що деякі «продавці сучасних технологій» у своїй рекламі вдаються до абсурду типу: «Пряме електричне опалення майже в 10 разів дешевше, ніж центральне опалення». Однак зазвичай реклама формулюється більш коректно: «Електроопалення на порядок ефективніше, ніж центральне водяне, та значно дешевше, ніж застосування автономних газових котелень». Але це теж недоброякісна реклама. Так, в умовах сучасної економіки України електроопалення може бути ефективнішим за газове, але лише при використанні досить недешевого, так званого електроаккумуляційного опалення. Просте пряме застосування електричної енергії для потреб опалення може суттєво збільшити вартість цієї послуги порівняно з традиційним для України газовим опаленням.

Але застосування електроаккумуляційного опалення (при використанні електричної енергії лише за нічним пільговим тарифом) може дати суттєвий економічний ефект. Таке опалення за витратами на енергоресурси вдвічі дешевше, ніж газове. Однак використання повного електроаккумуляційного опалення досить дорогий захід, а також не завжди можливий з технічного боку. Досвід впровадження електроаккумуляційного опалення на об'єктах бюджетної сфери яскраво проілюстрував цей факт.

Щоб краще зрозуміти суть електроакумуляційного опалення, розглянемо спочатку, якими бувають тарифи на електроенергію та з чим пов'язані відмінності у цих тарифах. Споживання електричної енергії протягом доби здійснюється нерівномірно. Добовий графік споживання електроенергії має приблизно такий вигляд, як показано на рисунку 1.1.

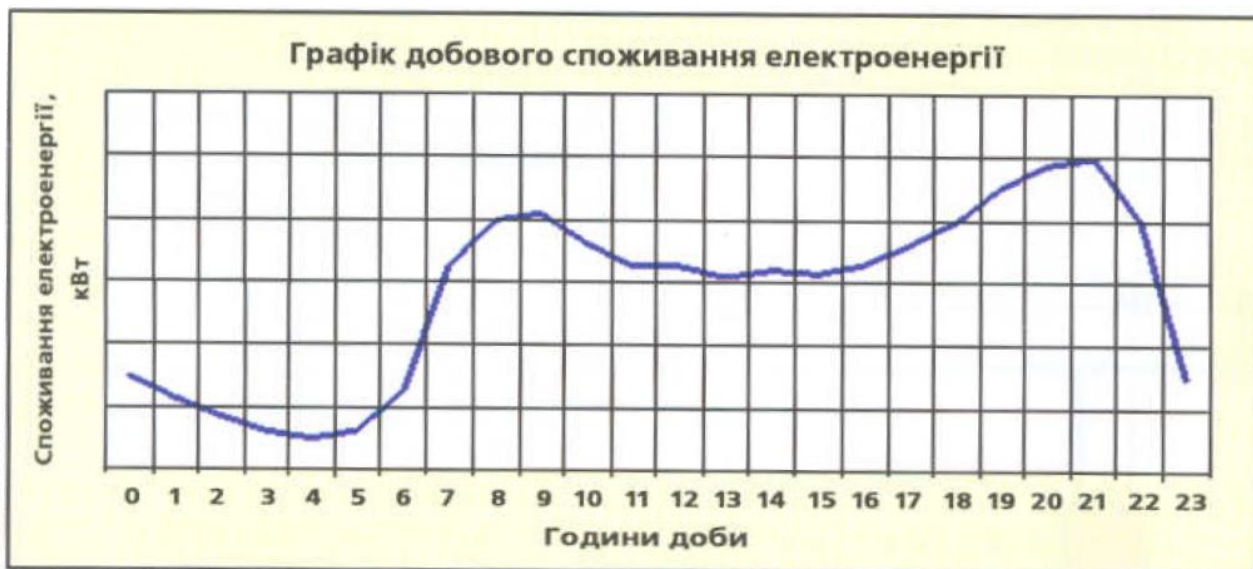


Рисунок 1.1 – Графік добового споживання електричної енергії

У нічні години споживання електроенергії суттєво знижується, а в періоди з 8 год. 00 хв. до 10 год. 00 хв. та з 18 год. 00 хв. до 22 год. 00 хв. зростає та має піковий характер. Для стимулювання споживачів змінювати графік споживання електроенергії на користь нічного споживання та зниження споживання електроенергії в пікові години, крім основного, так званого однозонного тарифу, існують ще двозонний та тризонний тарифи на електричну енергію. Вартість електроенергії за тризонним тарифом в різні години доби встановлюється шляхом введення коефіцієнта до базової вартості електроенергії, що встановлюється за однозонним тарифом. Коефіцієнти коригування для тризонного тарифу наведені на рисунку 1.2.

Таким чином, у нічний час можливе використання електричної енергії за цінами, в чотири рази нижчими за основну базову ціну на електроенергію.

Використання нічної ціни електроенергії для потреб опалення дає змогу отримувати дешевшу теплову енергію, ніж теплова енергія газових котелень.

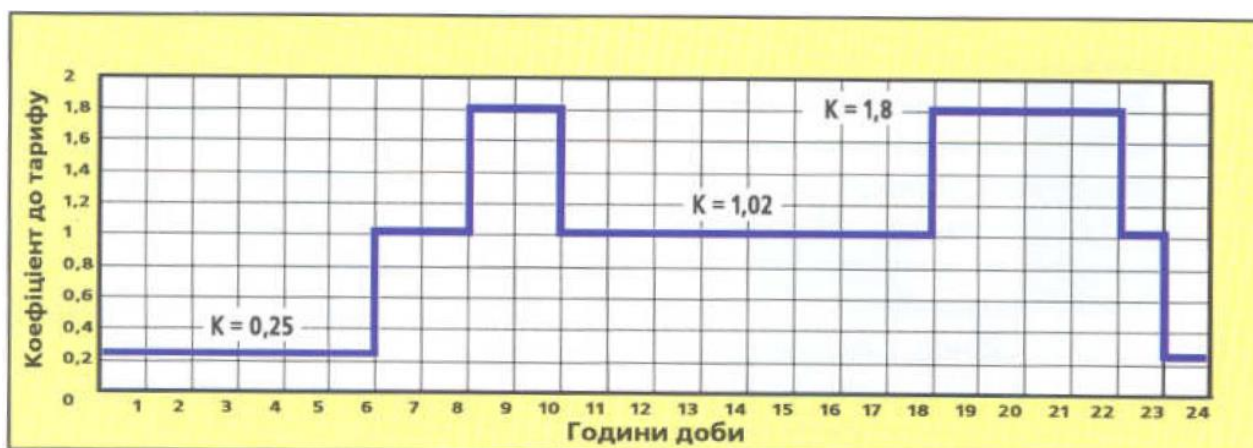


Рисунок 1.2 – Коефіцієнти коригування тарифу на електричну енергію в залежності від часу доби.

Розглянемо технічні та економічні особливості впровадження електричного опалення з використанням пільгових нічних тарифів. Електроенергія для потреб опалення при її використанні лише протягом 7 годин нічної пільги щодоби передбачає наявність акумулюючих ємностей значного об'єму та збільшення (більш ніж утричі) встановленої потужності електротеплогенеруючого обладнання по відношенню до розрахункового. На кожні 100 кВт розрахункової потужності системи опалення добове споживання електроенергії становитиме: $100 \times 24 = 2400$ кВт. Оскільки споживання електроенергії за пільговим тарифом буде здійснюватися лише протягом 7 годин (\leq з 23 год. 00 хв. до 6 год. 00 хв.), розрахункова потужність електричного нагрівача електроакумуляційної системи опалення повинна становити: $2400 : 7 = 340$ кВт.

Принципова схема електроакумуляційної системи опалення може мати вигляд, наведений на рисунку 1.3.

Система електроакумуляційного опалення за 7 годин нічного пільгового тарифу, опалюючи приміщення, паралельно повинна накопичити в акумуляторі тепло в кількості, достатній для обігріву приміщень в інші 17 годин доби. Вода,

нагріта в акумуляторі до 90-95 °С, за 17 годин доби при відключених

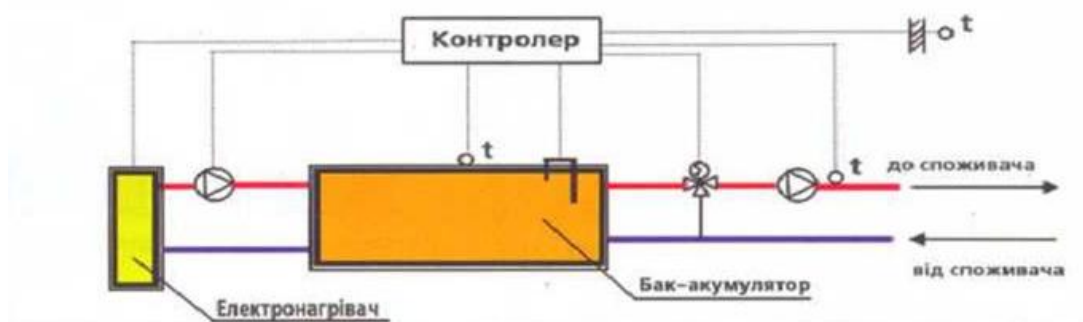


Рисунок 1.3 – Принципова схема системи електротеплоакумуляційного опалення.

електричних підігрівачах буде охолоджуватися на певну кількість градусів (що залежить від розрахункової температури теплоносія в системі опалення), наприклад, на 20 градусів. Якщо прийняти розрахункове охолодження теплоносія в акумуляторі 20 градусів, то розрахункова ємність акумулятора для кожних 100 кВт потужності системи опалення становитиме:

$$V = (2400-700) 860/20 \times 103 = 73 \text{ м}^3.$$

Наведені вище параметри системи електроакумуляційного опалення, а саме: 340 кВт встановленої потужності електронагрівачів та 73 куб. метрів - ємність бака-акумулятора на кожні 100 кВт розрахункової теплової потужності системи опалення, забезпечать роботу електроакумуляційного опалення при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (-23 °С - для кліматичних умов м. Тернополя). При зменшенні значень будь-якого з двох наведених вище показників або одночасно обох показників для забезпечення розрахункового режиму експлуатації системи опалення споживання електроенергії лише протягом 7 годин за добу буде недостатньо. Електроенергія буде споживатися не лише в пільгові години доби.

Отже, зростатимуть витрати на електроенергію. Чим нижча встановлена

потужність електронагрівачів та чим менша ємність баків-акумуляторів, тим нижча ефективність систем електричного опалення.

Використання систем електричного опалення за тризонним тарифом з недостатньою ємністю акумуляторів або взагалі без них недоцільне. Недоцільно використовувати такі системи і в разі недостатньої електричної потужності електронагрівачів. Такі системи будуть здійснювати функції опалення, але їх не можна розглядати як економічно обґрунтовані.

Впровадження електроакумуляційних систем опалення з повним використанням можливостей цього методу дає змогу майже вдвічі скоротити витрати на енергоносії порівняно з газовими системами опалення. Водночас застосування систем електричного опалення без використання можливостей пільгового тарифу та акумуляції тепла більш ніж удвічі збільшує витрати на енергоносії порівняно із системами газового опалення.

Аналіз можливостей впровадження повного електроакумуляційного опалення для об'єктів бюджетної сфери Полтавської області засвідчив, що практично на всіх досліджених об'єктах немає можливості забезпечення систем електроакумуляційного опалення електроенергією в достатній кількості без проведення значних обсягів робіт. Проведення таких робіт потребує суттєвих капітальних витрат та передбачає реконструкцію трансформаторних підстанцій та ліній електропередач. Вартість цих робіт значно перевищує витрати на облаштування самих систем електроакумуляційного опалення. Як наслідок, впровадження таких систем буде дуже тривалим. Цей чинник істотно зменшує привабливість систем електроакумуляційного опалення. Застосування систем електроакумуляційного опалення дає змогу скоротити споживання газу. Але впровадження цих систем має не досить привабливі економічні показники. Який з двох чинників важливіший? Політичний чи економічний? На це питання сьогодні немає однозначної відповіді. В будь-якому разі жоден нормативний документ не врегулює цю ситуацію. Питання ускладнюється й тим, що розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.02.2019 № 159-р та від

19.02.2019 № 256-р обмежують споживання газу при проведенні модернізації систем тепlopостачання. Іноді ці розпорядження трактуються як повна заборона впровадження систем тепlopостачання, що використовують газ для об'єктів бюджетної сфери. Ця ситуація потребує врегулювання.

Техніко-економічний аналіз впровадження електроаккумуляційних систем опалення свідчить, що високі економічні показники властиві варіанту впровадження комбінованих електрогазових систем опалення. Принципова схема комбінованої електрогазової котельні наведена на рисунку 1.4.

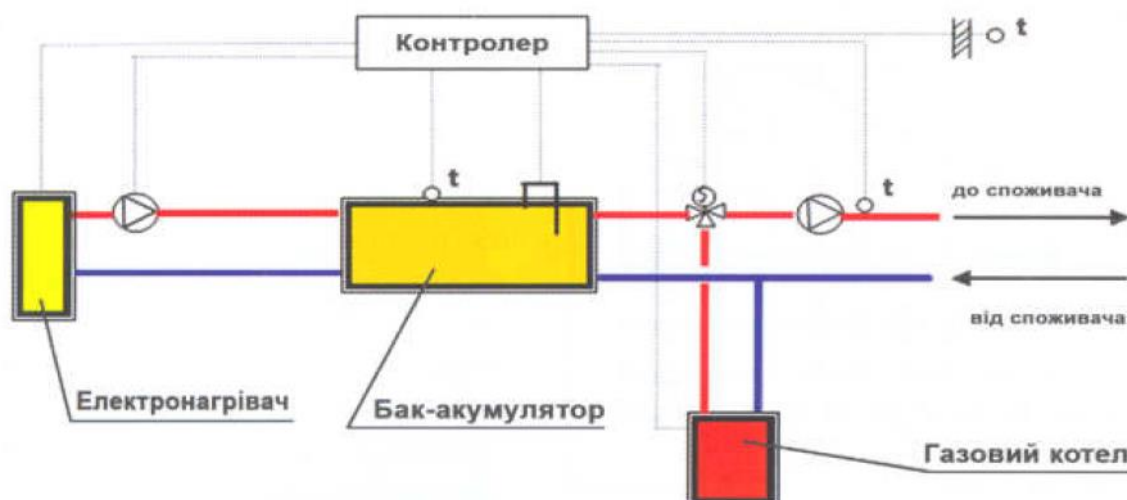


Рисунок 1.4 – Принципова схема електрогазової котельні

У таких котельнях передбачається використання газових та електричних котлів та баків-акумуляторів. Але для цих котельнь використовуються акумулятори значно меншої ємності та передбачається встановлення обладнання електричною потужністю втричі нижче, ніж для систем повного електроаккумуляційного опалення. Саме цей чинник відкриває широкі можливості для впровадження комбінованих електрогазових систем опалення. Витрати для реконструкції систем, що забезпечують подачу електроенергії, в цьому разі набагато нижчі або взагалі відсутні.

Комбіновані електрогазові котельні в нічний пільговий час використовують лише електроенергію. Частина доби не працюють ні

електрокотли, ні газові котли. В цей час використовується тепло, накопичене в акумуляторах. В інші години доби експлуатуються газові котли. Експлуатація таких котелень дає змогу вдвічі скоротити споживання газу. Крім того, економія коштів, що витрачаються на енергоносії, становитиме 30-40 %. Строк окупності впровадження таких систем становить не більше 3-5 років.

Капітальні витрати на впровадження газових котелень, електрогазових котелень, систем електроакумуляційного опалення та систем електроопалення без акумуляції тепла наведені на рисунку 1.5.

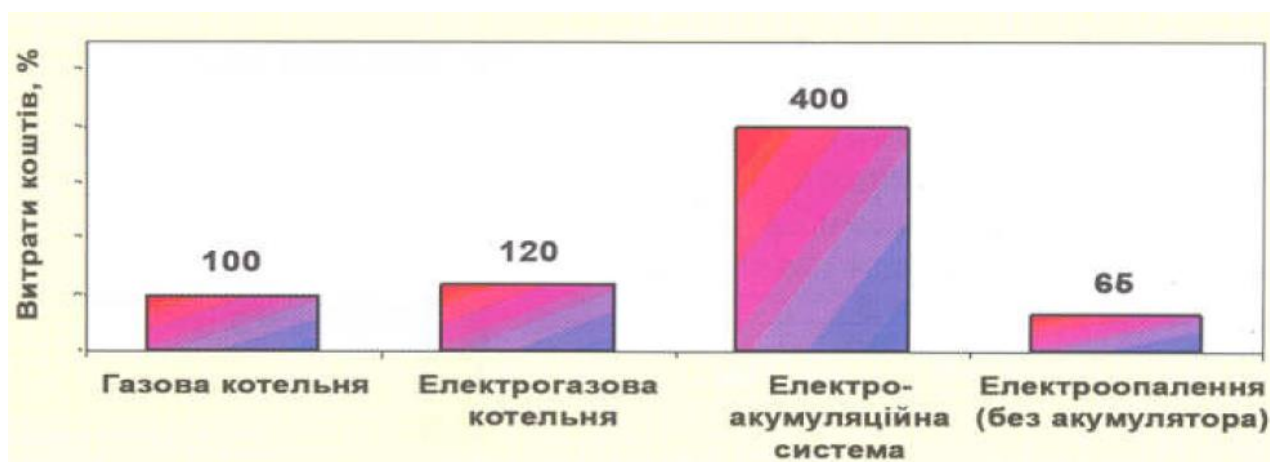


Рисунок 1.5 – Капітальні витрати на впровадження різних систем опалення

Витрати коштів на енергоносії для цих варіантів опалення наведені на рисунку 1.6.

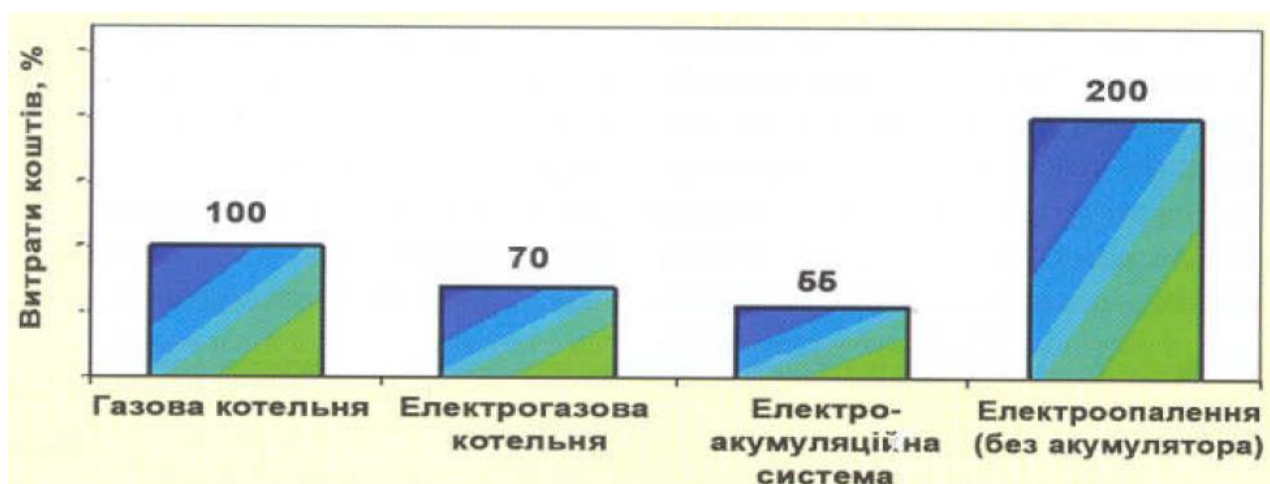


Рисунок 1.6 – Витрати коштів на енергоносії для різних систем опалення

Аналіз наведених графіків свідчить, що впровадження електрогазових котелень є найбільш прийнятним варіантом порівняно з іншими варіантами, що використовують електричну енергію для опалення.

Капітальні витрати на впровадження комбінованих котелень відносно не високі, а економія експлуатаційних витрат досить суттєва. Цей варіант має найменший строк окупності.

Впровадження систем електроаккумуляційного опалення, що використовують лише електричну енергію, - важливий чинник скорочення споживання газу та підвищення ефективності систем тепlopостачання. Але широке впровадження повного електроаккумуляційного опалення можливе лише за умов одночасного проведення аналізу можливостей існуючих систем електропостачання, виявлення пріоритетних зон для впровадження цього виду опалення та проведення системної реконструкції енергетичних мереж. Впровадження комбінованих електрогазових котелень можливе вже зараз без проведення складних системних заходів, пов'язаних зі значним збільшенням споживання електроенергії.

Для об'єктів бюджетної сфери, шкіл, інтернатів, лікарень, проблема гарячого водопостачання сьогодні дуже актуальна. Через негаразди з комунальним тепlopостачанням широко використовуються ємнісні електричні побутові підігрівачі. Як правило, застосування таких водопідігрівачів зумовлює дещо краще становище порівняно з відсутністю гарячої води, але санітарно-гігієнічні вимоги щодо споживання гарячої води не виконуються.

Використання прямого електричного нагріву гарячої води призводить до значних витрат електроенергії. Для систем гарячого водопостачання об'єктів бюджетної сфери доцільно застосовувати електроаккумуляційні системи гарячого водопостачання. Такі системи здійснюють електричний нагрів і накопичення гарячої води в баках-аккумуляторах у нічний час за пільговим тарифом на електроенергію. В денний час здійснюється лише споживання гарячої води.

Відмова від поширення використання побутових ємнісних електро-

підігрівачів і перехід на електроакумуляційні системи приготування гарячої води дасть змогу скоротити витрати на гаряче водопостачання або при тих же витратах отримати в 4 рази більше гарячої води. Доцільність впровадження електроакумуляційного методу для систем гарячого водопостачання наочно ілюструється показниками вартості нагріву 1 куб. метра гарячої води.

1.2 Проблеми електроакумуляційного обігріву

Проблема електроакумуляційного обігріву має два аспекти. Перший включає розгляд структури і кількісну оцінку ємності ринку електроопалення, другий - аналіз існуючої технічної бази для задоволення потреб цього ринку. Обсяг впровадження електрообігріву не тільки не може перевищити можливості електроенергетики України, але має залишатись у рамках техніко- економічної доцільності. Розвиток електроопалення не повинен нести загрозу енергобезпеці країни, зокрема, порушувати її електроенергобаланс, руйнувати ринок електроенергії.

З іншого боку наявність численних типів електронагрівачів, складність їх асортименту, велика кількість регіональних виробників, швидкий технічний прогрес зумовлюють труднощі вибору і надання рекомендацій щодо конкретного типу електронагрівача для даного об'єкту або кластеру об'єктів електроопалення.

За офіційними даними, значення нижньої межі розвитку систем електроопалення в Україні не перевищує кількох десятих чи сотих відсотка. У міжсезонні періоди кількість систем електроопалювання різко зростає. Ці, переважно нелегітимні, споживачі обліку не піддаються. Але їх наявність свідчить, що електроопалення, як окремий вид опалення, є життєздатним явищем у масштабах країни і фактично вирішує проблеми теплопостачання, коли ще не пр ж, навіть у такій вульгарній формі, воно вже котрий рік поспіль не руйнує ацює система централізованого теплопостачання (СЦТ) і до того ж

навіть у такій вульгарній формі, воно вже котрий рік поспіль не руйнує ОЕС України.

Є кілька категорій потенційних користувачів електрообігрівом, які характеризуються різним пріоритетом. В таблиці 1.1 наведено інформацію про благоустрій населених пунктів та житлові умови користувачів.

Є кілька категорій потенційних користувачів електрообігрівом, які характеризуються різним пріоритетом. В таблиці 1.1 наведено інформацію про благоустрій населених пунктів та житлові умови користувачів.

Таблиця 1.1 – Благоустрій населених пунктів, житлові умови населення України у 2020 р.

Показник	Місто	Селище міського типу	Сільський населений пункт	У містах	У сільській місцевості
Загальна кількість населених пунктів в Україні	455	886	28597		
Забезпечені природним та скрапленим газом	452	861	26762		
У тому числі тільки природним газом	407	533	3444		
Питома вага, %, житлової площі, обладнаної:					
- природним та скрапленим газом				82,0	83,8
- г в п				59,1	4,71
- центральним опаленням				73,9	22,2
- підлоговими електроплитами				5,1	0,1
- водопроводом				76,3	19,1

Верхньою межею кількісної величини впровадження електрообігріву може служити загальна кількість споживачів електричної енергії (приблизно 19 млн. абонентів). Але ця оцінка має суто гіпотетичний характер, оскільки, по-перше, легко продемонструвати, що на електрообігрів усіх користувачів не вистачить

енергобалансу країни. По-друге виконання директиви «всі абоненти електромережі України переходять на електроопалення» не витримує ніякої критики. Хоча б тому, що в техніко-економічному плані СЦТ міцно утримують і будуть утримувати свою позицію, якщо СЦТ експлуатується відповідно до технічних нормативів (коли теплотраси мають задовільний стан, тобто трубопроводи якісно, в заводських умовах, теплоізольовані; їх довжина не перевищує оптимального значення; користувачі у повному обсязі використовують прилади автоматичного регулювання теплових режимів як на теплових пунктах будинків, так і поквартирні).

Крім того, альтернативою як СЦТ, так і системам електроопалення є дуже перспективний сектор автономних (децентралізованих) систем енергопостачання на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), динамічний розвиток якого спостерігається у таких країнах, як США, Японія, Китай. Тому при впровадженні електрообігріву необхідно дотримуватися диференційованого підходу залежно від категорії потенційних користувачів.

В таблиці 1.2 підсумовано оцінки потенціалу впровадження електроопалення (усіх видів) в Україні.

Таблиця 1.2 – Оцінка обсягів потужності, потрібної для електроопалення за групами споживачів в Україні

Групи споживачів та можливості електроенергетики України у 2020 р.	Встановлена потужність, річне споживання і виробництво електроенергії		
	МВт	%	млн. кВт·год
Будинки у сільській місцевості	14 867	26,0	50 649
Будинки аварійного і погіршеного стану в містах	41 900	73,4	
Новобудови, середньорічні обсяги	340,95	0,6	
Всього	57 108	100	

Якщо порівняти фактичні витрати одного тільки виду ПЕР - природного газу - населенням, котельними і виробництво електроенергії у 2011 р., то

приходимо до того ж самого висновку: електроенергетика не спроможна задовольнити усі потреби у тепловій енергії.

Тому об'єкти електроопалення будуть визначатися вибірково, виходячи з низки обмежень. При виборі об'єктів електроопалення високого, не нижче класу *D* енергоефективності будинку, задовільного стану внутрішніх і зовнішніх мереж, наявності ресурсу нічної зони у даному місці (щоб запобігти перетоків електроенергії і, отже, зменшити її технологічні втрати).

1.3. Постановка задачі до проектування

Задачі проектування:

1. Проаналізувати використання електротеплоакумуляційних технологій обігріву на об'єктах житлово-комунальної сфери.
2. Розробити систему електротеплоакумуляційного обігріву навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя
3. Виконати техніко-економічне обґрунтування систему електротеплоакумуляційного обігріву навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Теплотехнічна частина

Метою нашої кваліфікаційної є розробка системи електричного опалення навчального корпусу №5 ТНТУ по вул. Танцорова, 2 тому проведемо більш детальний аналіз споживання ПЕР цим корпусом, зокрема теплової енергії. На даний час теплопостачання навчального корпусу №5 ТНТУ здійснюється від міської котельні «Тернопільміськтеплокомуненерго».

Таблиця 2.1 – Споживання теплової енергії за перше півріччя навчальним корпусом №5 ТНТУ за період 2016-2020рр.

№ п/п	Рік	Величина	січень	лютий	березень	квітень	Разом за I півріччя
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2016	Гкал	21,48	21,97	17,30	10,44	71,19
		грн.	3745,90	3831,35	3016,95	1820,63	12414,82
2	2017	Гкал	24,94	17,00	12,18	8,38	62,5
		грн.	5177,29	3529,03	2537,58	1745,89	12989,8
		приріст % (Гкал)	16,108	-22,6218	-29,595	-19,732	-12,2068
		приріст % (грн.)	38,212	-7,89065	-15,889	-4,1053	4,631325
3	2018	Гкал	15,24	13,78	20,89	4,76	54,67
		грн.	4794,7	5846,3	8862,8	2019,5	21523,23
		приріст % (Гкал)	-38,893	-18,9412	71,511	-43,198	-12,528
		приріст % (грн.)	-7,3907	65,6632	249,26	15,67	65,69336
4	2019	Гкал	38,68	39,49	22,95	6,24	107,36
		грн.	16410	16754	9736,8	2647,4	45548,55
		приріст % (Гкал)	153,81	186,575	9,8612	31,092	96,37827
		приріст % (грн.)	242,26	186,575	9,8612	31,092	111,6251

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2020	Гкал	26,4	33,5	26,2	10,2	96,3
		грн.	11330	14210,00	11116	4377	41033
		приріст % (Гкал)	-31,748	-15,1684	14,161	63,462	-10,3018

Таблиця 2.2 – Споживання теплової енергії за друге півріччя і за рік навчальним корпусом №5 ТНТУ за період 2016-2020 рр.

№ п/п	Рік	Величина	жовтень	листопад	грудень	Разом за II півріччя	Разом за рік
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2016	Гкал	0	13,85	17,73	31,58	102,77
		грн.	0	2415,30	3091,93	5507,236	17922,06
2	2017	Гкал	0	8,38	27,61	35,99	98,49
		грн.	0	2111,42	6956,62	9068,04	22057,84
		приріст % (Гкал)	0	-39,495	55,725	13,96453	-4,164639
		приріст % (грн.)	0	-12,581	124,99	64,65683	23,07645
3	2017	Гкал	0	13,32	16,56	29,88	84,55
		грн.	0	5651,1	7025,7	12676,89	34200,12
		приріст % (Гкал)	0	58,95	-40,022	-16,9769	-14,15372
		приріст % (грн.)	0	167,65	0,9937	39,79745	55,04748
4	2019	Гкал	9,09	16,77	22,22	48,08	155,44
		грн.	3856,5	7114,8	9427,1	20398,42	65946,97
		приріст % (Гкал)	0	25,901	34,179	60,91031	83,84388
		приріст % (грн.)	0	25,901	34,179	60,91031	92,82675
5	2020	Гкал	8,9	16,77	22,22	47,89	144,19
		грн.	6173	11632	15412	33217	74250
		приріст % (Гкал)	-2,0902	0	0	-0,39517	-7,237519

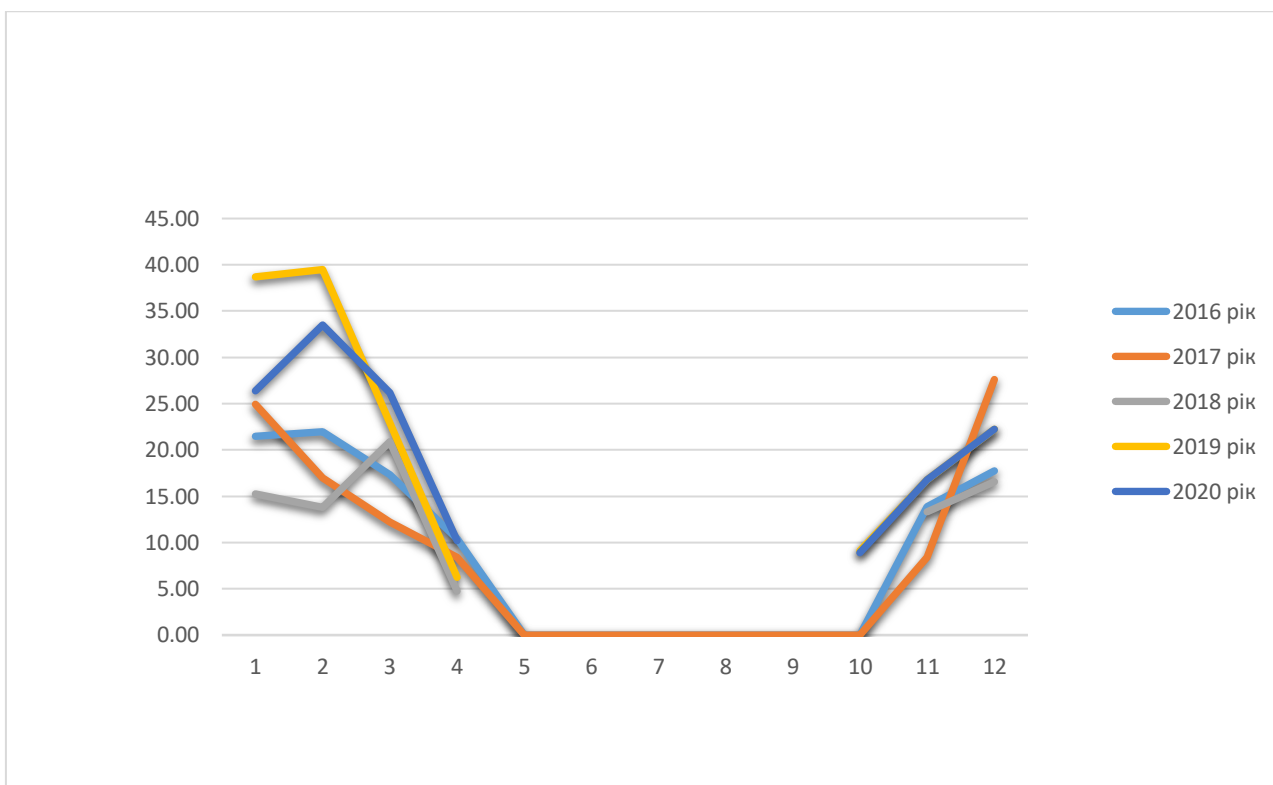


Рисунок 2.1 – Споживання теплової енергії за опалювальні сезони 2016-2020 рр.

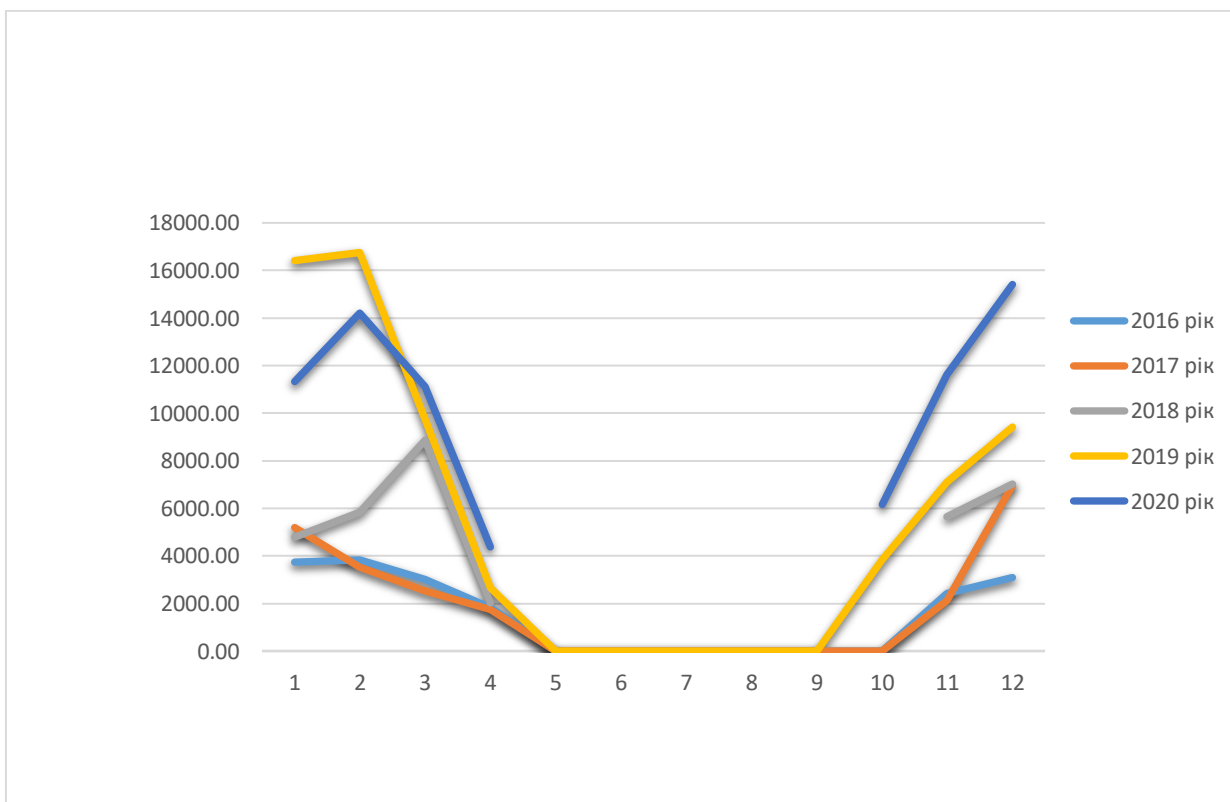


Рисунок 2.2 – Оплата за спожиту теплову енергію у опалювальних сезонах 2016-2020 рр.

Після оцінки обсягів споживання теплової енергії можна зробити висновок, що з кожним роком відбувається приріст її споживання. Якщо в перші роки це можна пояснити придбанням нових навчальних корпусів і відповідно збільшенням опалювальних площ, то за останні роки витрати на теплову енергію збільшились не тільки за рахунок суттєвого подорожчання вартості одиниці теплової енергії, а також і за рахунок великих втрат.

Втрати теплової енергії відбуваються, як через огороджуючі конструкції так і через відсутність ізоляції в трубопроводах. Також присутнє явище «перегону», в багатьох приміщеннях. Це пов'язано із відсутністю вентилів на радіаторах, терморегуляторів та датчиків температури в приміщеннях.

Тому, для того, щоб покращити енергетичну ситуацію в університеті, необхідно не тільки відмовитись від надто вартісних послуг які надають централізовані міські котельні, але і провести реконструкцію приміщень: ізолювати огороджуючі конструкції (зовнішні стіни, дах, підлогу, вікна), модернізувати систему опалення: встановити в приміщеннях сучасні енергоекономічні радіатори з вентилями, терморегулятори та прилади обліку теплової і електричної енергії.

Навчальний корпус №5 ТНТУ, як вже згадувалось, один з тих які, ще отримують тепло від міської котельні тому для підвищення ефективності системи теплопостачання і зменшення оплати за теплову енергію пропонується встановлення автономного електричного опалення електродного типу з використанням акумуляторів тепла, що передбачає регулювання подачі теплоносія для забезпечення комфортного режиму в приміщеннях в залежності від температури зовнішнього середовища, а також забезпечує почасове регулювання подачі теплоносія (пониження температури в приміщеннях в межах допустимих норм в неробочий час).

Загальна інформація про навчальний корпус представлена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	2020.06.03
Адреса будинку	46000, вул. Танцорова 2, м. Тернопіль
Розробник проекту	Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Адреса і телефон розробника	вул. Микулинецька 46, 46001, м. Тернопіль

Таблиця 2.4 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Познач.	Одиниця виміру	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°С	+19
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°С	-22
Тривалість опалювального періоду	$Z_{оп}$	доба	184
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп}$	°С	-1,1
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	D_d	°С·доба	3750
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
Призначення	навчальний корпус		
Розміщення в забудові	окремо розташоване		
Типовий проект, індивідуальний	типовий проект		
Конструктивне рішення	стіновий цегляний		

Схему першого та другого поверхів навчального корпусу №5 показано на рисунках 2.1 та 2.2.

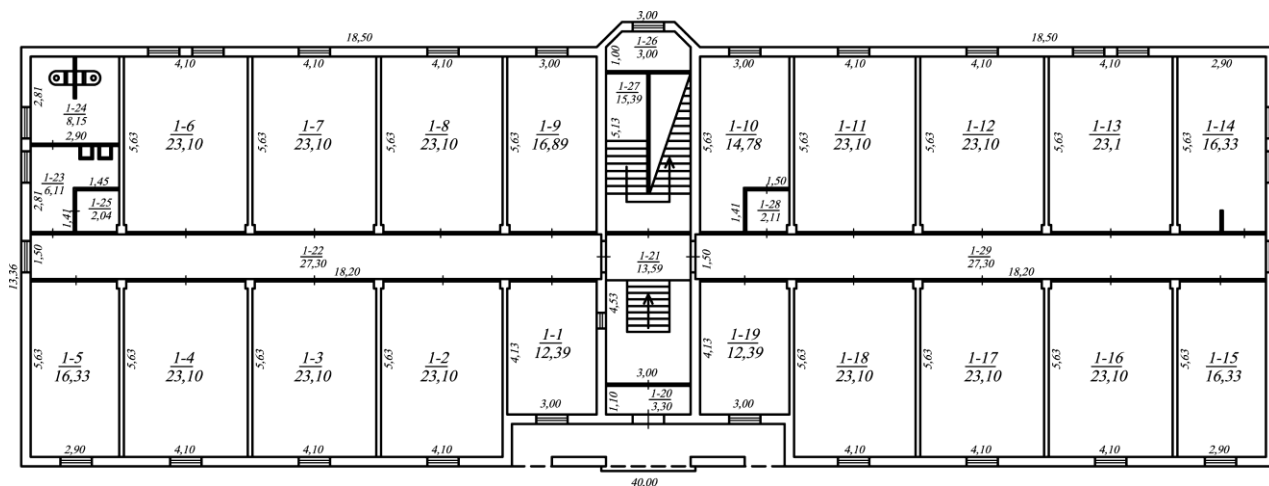


Рисунок 2.1 – План першого поверху навчального корпусу №5

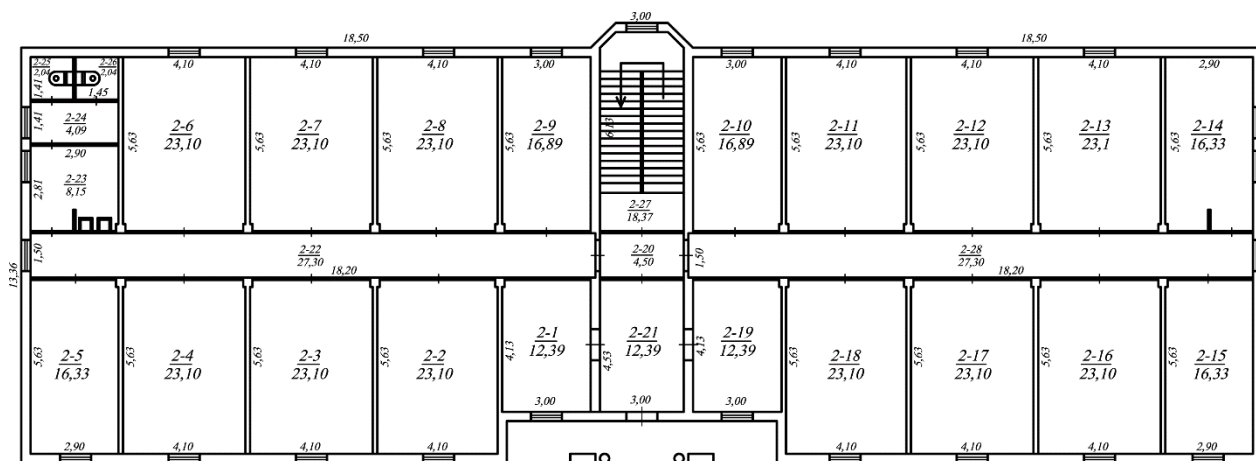


Рисунок 2.2 – План другого поверху навчального корпусу №5

Теплове навантаження будь-якої опалювальної установки складається з корисного навантаження, тобто тієї кількості тепла, яке повинно бути доставлено в приміщення, яке опалюється, і неминучих втрат тепла при його транспортуванні від місць виробництва до місць споживання. Втрати теплоти при транспортуванні складають порівняно малу частину загальної теплопродуктивності. В кожному приміщенні, в якому повинна підтримуватись певна температура, неминуча витрата тепла крізь зовнішні огороження. Тепловтрати приміщення залежать від зовнішніх температурних умов, конструкції огорожень і їх теплозахисних якостей. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показники	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення	Розрах. (проектне) значення показника	Фактичне значення показника
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	—		1572
В тому числі:				
- стін	$F_{\text{ст}}, \text{м}^2$	—		497
- вікон	$F_{\text{вік}}, \text{м}^2$	—		125
- зовнішніх дверей, воріт	$F_{\text{дв}}, \text{м}^2$	—		14
- стелі	$F_{\text{стел}}, \text{м}^2$	—		468
- підлоги	$F_{\text{підл}}, \text{м}^2$	—		468
Площа опалювальних приміщень	$F_h, \text{м}^2$	—		794
Площа навчальних аудиторій	$F_{\text{кл}}, \text{м}^2$	—		767
Опалювальний об'єм	$V_h, \text{м}^3$	—		2808
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{\text{ск}}$	—		0,16
Показник компактності будинку	$A_{\text{к буд}}$	—		0,56
Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій:	$R_{\Sigma \text{пр}}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
- стін	$R_{\Sigma \text{пр ст}}$		2,097	
- вікон	$R_{\Sigma \text{пр вік}}$		0,72	
- зовнішніх дверей	$R_{\Sigma \text{пр дв}}$		1,2	
- перекриття	$R_{\Sigma \text{пр перк}}$		3,3	
- підлоги	$R_{\Sigma \text{пр підл}}$		2,8	
Енергетичні показники				
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{\text{буд}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2, (\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3)$		80,2 22,7	
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку	$E_{\text{max}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$	83	80,2	
Клас енергетичної ефективності			С	

2.2 Електротехнічна частина

Проектом впровадження системи електричного опалення навчального корпусу №5 ТНТУ по вул.Танцюрова,2 передбачається:

- будівництво кабельної лінії 10 кВ лінії 0,4 кВ до існуючої трансформаторної підстанції КТП 250-10/0,4 кВ, ВАТ «Тернопільобленерго»;
- монтаж електрощитової 0,4 кВ;
- монтаж та встановлення акумулятора тепла з нагрівачами об'ємом 25 м³.

Розрахункова потужність акумуляторів для накопичення теплової енергії становить 147,6 кВт (для насосів необхідно – 0,72 кВт). Дозволена потужність згідно технічних умов ВАТ «Тернопільобленерго» 305 кВт. У зв'язку з відсутністю технічних можливостей та економічною недоцільністю будівництва нової трансформаторної підстанції для забезпечення відповідної потужності проектом передбачається підключення акумулятора тепла до існуючої трансформаторної підстанції Тернопільського міського РЕМ ВАТ «Тернопільобленерго», схема підключення показана на рисунку 2.3.

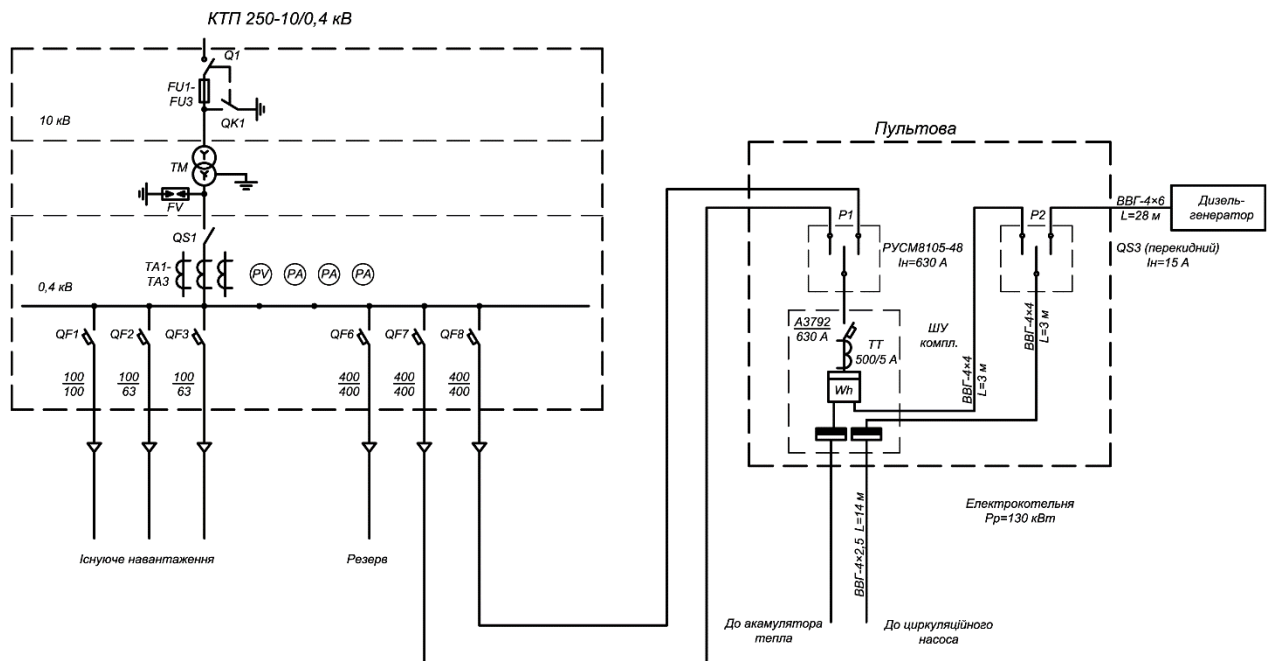


Рисунок 2.3 – Схема підключення котельні до трансформаторної підстанції

Дозволена активна потужність об'єкту становить 147,6 кВт. Повна потужність на вході - 186 кВа.

Максимальний струм на вході електрощитової становитиме:

$$I = S_p / (1,73 \cdot U_n) = 186 / (1,73 \cdot 0,38) = 283 \text{ А}$$

Відповідно до п. 8 «Правил користування електричною енергією» та, враховуючи вимоги ВАТ «Тернопільобленерго» пропонується встановити тритарифний електrolічильник «Енергія-9» класу точності 0,5 (для кожної лінії окремо) який внесено до державного реєстру засобів вимірювання і допущений до застосування в Україні та відповідає вимогам СОУ-Н МПЕ 40.35.110:2005 «Нормативный документ. Правила построения электроустановок». Загальний вигляд лічильника показано на рисунку 2.4.

Допускається встановлення іншого типу лічильника класу точності не нижче 0,5, який внесено до державного реєстру засобів вимірювання.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд багато тарифного лічильника Енергія-9

Електролічильник встановлюють в шафі новозбудованої електрощитової - 0,4 кВ на відстані 0,2 м від трансформаторів струму і приєднують до них мідними проводами січенням 2,5 мм² через клемну (випробувальну) колодку. Розріз електрощитової показано на рисунку 2.5. В електрощитовій потрібно передбачити доступ (через отвори) для зняття показів лічильника та керування його клавішами. Ввімкнення лічильника передбачається через трансформатори струму Т-0.66 У3 400/5 (коефіцієнт трансформації - 60).

Проектом передбачається робоче, ремонтне і аварійне освітлення з використанням світильників з люмінесцентними лампами. Освітленість прийнята згідно СНІП II - 4 - 79 «Естественное и искусственное освещение». Для аварійного освітлення використовується світильник з вмонтованим джерелом живлення типу ЛПП-06У-8.

Проектом передбачається встановлення двох установок компенсації

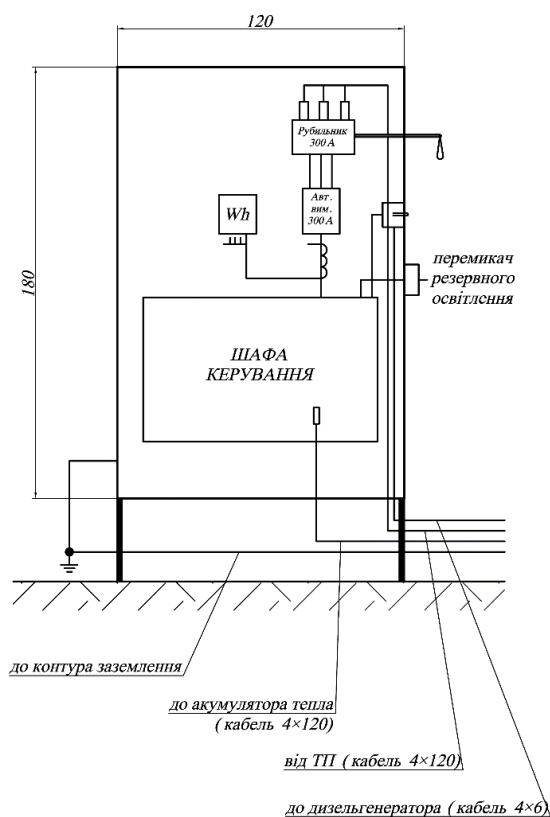


Рисунок 2.5 – Розріз розподільчого пристрою РП-0,4 кВ виробництва ПП «Мінерал», м. Хмельницький

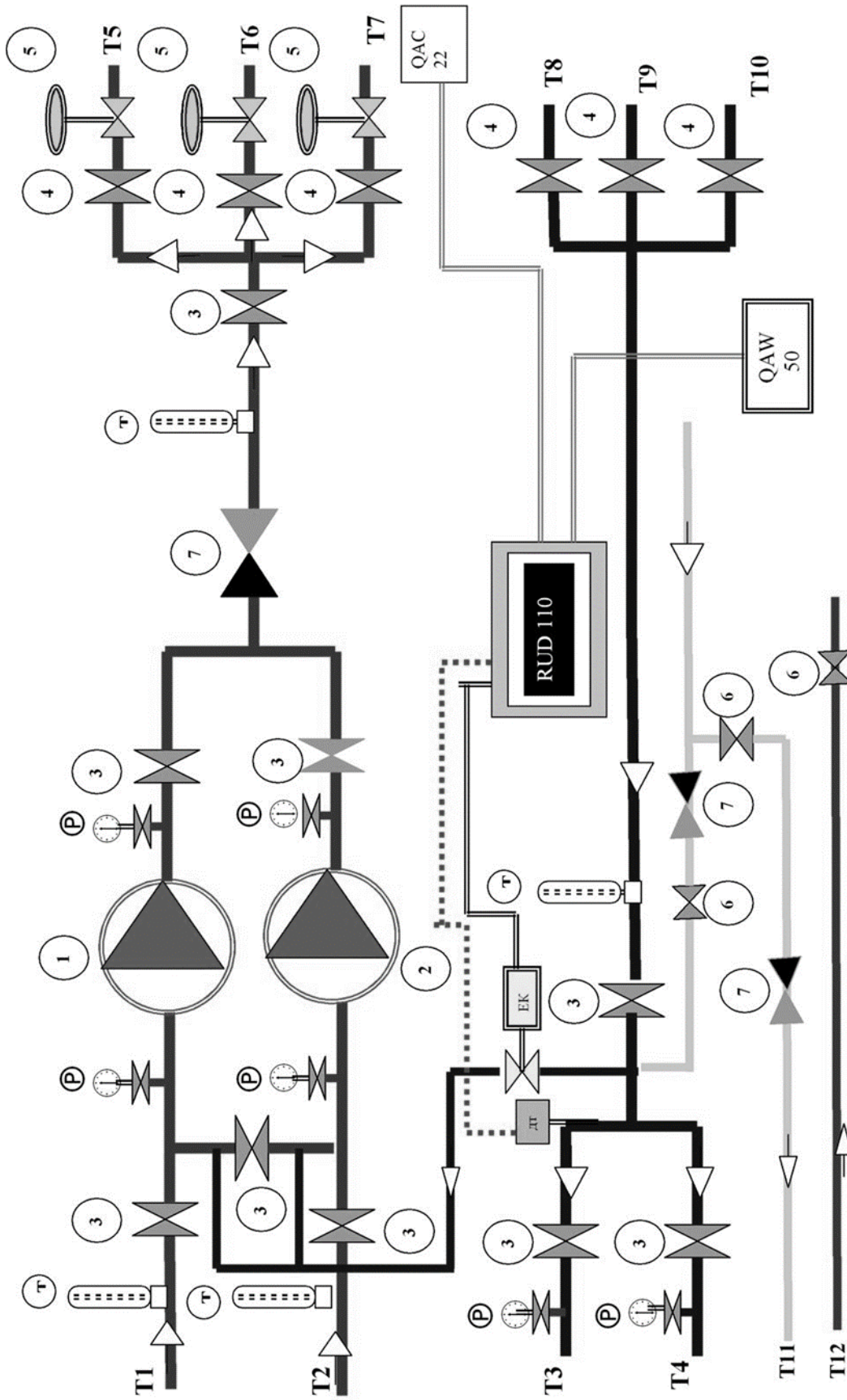


Рисунок 2.6 – Схема підключення акумуляторів теплової енергії до сантехнічних систем опалення

Таблиця 2.6 – Перелік складових частин системи

№ з/п	Умовне позначення	Назва
1.	1, 2	Циркуляційні насоси
2.	3	Засувки Батерфляй
3.	4	Крани шарові фланцеві
4.	5	Регулятори тиску прямої дії
5.	6	Кран шаровий муфтовий
6.	7	Клапани зворотні
7.	T1,T2	Вихід теплоносія із акумуляторів тепла
8.	T3,T4	Повернення теплоносія у акумулятори тепла
9.	T5,T6,T7	Подача теплоносія у систему опалення
10.	T8,T9,T10	Повернення теплоносія із системи опалення
11.	T11	Вхід холодної води на теплообмінник
12.	T12	Вихід гарячої води з теплообмінника
13.	T	Термометр
14.	P	Манометр
15.	ДТ	Датчик температури електронний
16.	ЕК	Електричний клапан
17.	QAC 22	Електронний температурний датчик навколишнього повітря
18.	QAW 50	Аналоговий кімнатний пристрій з температурним датчиком та дистанційним корегуванням програми температурного режиму в приміщенні
19.	PUD 110	Одноконтурний контролер опалення з недільною програмою управління та таймером

Автономна система опалення забезпечує раціональне використання теплоносія для нагріву приміщень навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя.

Підготовка (нагрів теплоносія) води відбувається в об'ємному 25 м³ накопичувачі тепла високонадійними економічними закритими нагрівачами, переважно в нічний час з 23:00 до 6:00 по пільговій вартості 0,672 грн. кВт/год. Внутрішня поверхня накопичувачів має захисне емальоване покриття, що

забезпечує довготривалий час експлуатації та відсутність корозійних процесів. Акумулятори тепла мають термоізоляцію товщиною 100 мм з базальтових матів покритих поліестером.

Принципову схему конвективного водогрійного котла (акумулятора тепла) показано на рисунку 2.8, а характеристику наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика і параметри електричних конвективних котлів ЕКВК ЗРА ЕКОБІОТЕХ

Тип котлів ЕКВК	25м³
Тепло виробництво ккал/год	102400
Електричне робоче навантаж.	Регулююча
Номінальна потужність $P_{ном}$	54 кВт
Максимальна потужність P_{max}	160 кВт
Регулювання потужності	100-23% P_{max}
Напруга живлення	380В-10%
Кількість фаз	3
Номінальна потужність (в фазі)	53 кВт
Частота струму	50 Гц
Температура води на виході з котла	До 90 °С
Температура води на вході в котел	До 60 °С
Об'єм теплоносія в котлі	20м³
Габаритні розміри	
Довжина	8,2м
Ширина	2,2м
Висота	2,7м
Маса не більше	6,0т

При зниженні зовнішньої температури до - 22о С акумулятори будуть додатково працювати в напівпіковий час протягом 4-6 год. При зовнішній

середньодобовій температурі до -10°C акумулятори будуть працювати тільки в нічний час протягом 7 годин.

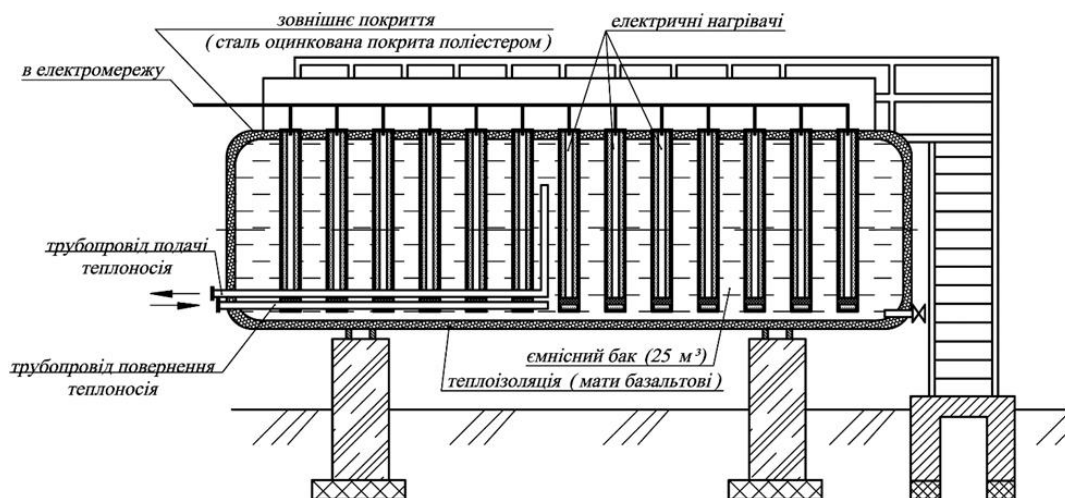


Рисунок 2.8 – Принципова схема акумулятора тепла

Схема керування проектованої системи теплопостачання навчального корпусу передбачає регулювання подачі теплоносія для забезпечення комфортного режиму в приміщеннях в залежності від температури зовнішнього середовища, а також забезпечує почасове регулювання подачі теплоносія (пониження температури в приміщеннях в межах допустимих норм в неробочий час), схему показано на рисунку 2.9.

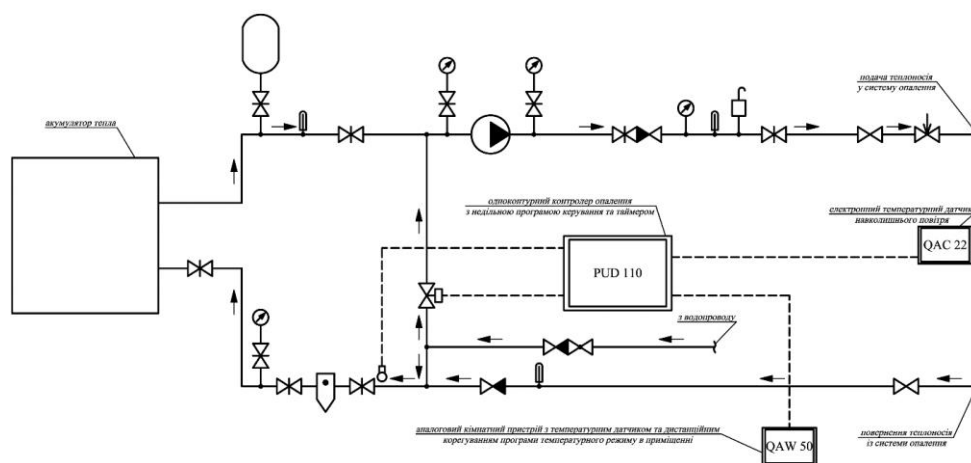


Рисунок 2.9 – Схема керуванням подачею теплоносія

На кожен опалювальний прилад передбачено встановлення автоматичного терморегулятора типу RA-FN з термоголівкою RAS-C2 виробництва ТОВ «DANFOS» м. Київ), зображення комплекту регулювальної арматури показано

на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Терморегулятор RA-FN з термоголовкою RAS-C2

Для зменшення теплових втрат через огорожувальні конструкції проектом передбачено встановлення тепловідбиваючої ізоляції (Пінофол С 4 мм односторонній, самоклеючий, ТУ У 25.2-25860560-001-2002, ТОВ «Нормоізол», м. Київ) між опалювальними приладами та зовнішньою стіною згідно ДБН В 2.5-23-2003 «Інженерне обладнання будинків і споруд».

2.3 Висновки до розділу 2

1. Наведено схему підключення автономної котельні до існуючої трансформаторної підстанції.
2. Представлено схему та обладнання розподільчого пристрою.
3. Представлено принципову схему конвективного водогрійного котла його параметри та технічну характеристику.
4. Наведено схему керування проектованої системи теплопостачання навчального корпусу.
5. Для регулювання використання теплової енергії передбачено встановлення автоматичних терморегуляторів з термоголовкою.
6. Запропоновано заходи по зменшенню теплових втрат через огорожуючі конструкції.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок теплотехнічних показників навчального корпусу №5

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{бод}}$, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ або $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, визначається за формулою:

$$q_{\text{бод}} = Q_{\text{рік}} / F_h \quad \text{або} \quad q_{\text{бод}} = Q_{\text{рік}} / V_h, \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{рік}}$ – витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року, $\text{кВт} \cdot \text{год}$, що визначається на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або за результатами розрахунків;

F_h , V_h – опалювана площа або об'єм будинку, м^2 або м^3 .

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$ визначаються за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн.п}} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (3.2)$$

де $Q_{\text{рік}}$ – загальні тепловтрати будинку через огороджувальну оболонку вального періоду року, $\text{кВт} \cdot \text{год}$, що визначається на підставі результатів енергетичного аудиту будинку, $\text{кВт} \cdot \text{год}$, визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{бод}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma}, \quad (3.3)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$K_{\text{бод}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначається за формулою:

$$K_{\text{бод}} = k_{\Sigma \text{пр}} + k_{\text{інф}} \quad (3.4)$$

де $k_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що визначається за формулою:

$$k_{\Sigma np} = \xi \left(F_{nn} / R_{\Sigma np.nn} + F_{cn} / R_{\Sigma np.cn} + F_{\delta} / R_{\Sigma np.\delta} + F_{nk} / R_{\Sigma np.nk} + F_{\psi} / R_{\Sigma np.\psi} \right) / F_{\Sigma}, \quad (3.5)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи вбудинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$;

$F_{nn}, F_{cn}, F_{\delta}, F_{nk}, F_{\psi}$ – площа відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкції (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, м²;

$R_{\Sigma np.nn}, R_{\Sigma np.cn}, R_{\Sigma np.\delta}, R_{\Sigma np.nk}, R_{\Sigma np.\psi}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стін, світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, м² · К/Вт; підлог по ґрунту – з урахуванням їх поділу на зони із значенням опору теплопередачі;

F_{Σ} , – внутрішня загальна площа огорожувальних конструкцій частини будинку, що опалюється з урахуванням покриття (перекриття) верхнього поверху й перекриття підлоги нижнього опалюваного приміщення, м²;

$k_{инф}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м² · К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції визначається за формулою:

$$k_{инф} = \chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot \nu_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta / F_{\Sigma}, \quad (3.6)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c – питома теплоємність повітря, приймається 1 кДж/(кг · К);

$n_{об}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період год⁻¹, що визначається експериментально або приймається за нормами проектування будинків: для приміщень житлових та громадських будинків – за вимога-

ми; для інших будинків – згідно з вимогами відповідних норм;

υ_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних приймається $\upsilon_v = 0,85$;

V_h – те саме, що у формулі (3.1), м³;

γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м³, визначається за формулою:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_{вн} + t_{онз})], \quad (3.7)$$

$t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків;

$t_{онз}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,7 – для стиків панелей стін, а також багатостулкових вікон; 0,8 – для двостулкових вікон і балконних дверей; 1,0 – для одностулкових вікон і балконних дверей; при цьому коефіцієнт η приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку;

D_d – кількість градусо-днів опалювального періоду, що визначається залежно від температурної зони експлуатації будинку.

$Q_{внн}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт;

Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт · год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу – північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками (північ – захід (ПнЗ), північ – схід (ПнС), південь – схід (ПдС) і південь – захід (ПдЗ)), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_{\varepsilon} \varepsilon_{\varepsilon} (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3) + \zeta_{\varepsilon л} \varepsilon_{\varepsilon л} F_{ст.л} I_r, \quad (3.8)$$

ζ_e, ζ_{zl} – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

$\varepsilon_e, \varepsilon_{zl}$ – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до обрїю 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менше 45° – як zenітні ліхтарі;

$F_{Пн}, F_C, F_{Пд}, F_З$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма сторонами світу, m^2 ;

$F_{спл}$ – площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку, m^2 ;

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_З$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, $kWh \cdot год/m^2$ (для проміжних орієнтирів фасадів будинків, що відрізняються від напрямків на Пн, Пд, З, С (ПнЗ, ПнС, ПдЗ, і ПдС), величину сонячної радіації треба визначати за інтерполяцією);

I_g – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню, за умов хмарності, $kWh \cdot год/m^2$;

ν – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі і визначається згідно ДБН В.2.5-24; за відсутності точних даних слід приймати $\nu = 0,8$;

ζ – коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системах опалення; рекомендовані значення $\zeta = 1,0$ – в однотрубній системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням в індивідуальні теплові пункти (ІТП) або поквартирним горизонтальним розведенням $\zeta = 0,95$ – у двотрубній системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП; $\zeta = 0,9$ – в однотрубній системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а та $\zeta = 0,85$ – в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП $\zeta = 0,7$ – у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням

на ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря; $\zeta = 0,5$ – у системі без термостатів та б« авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні);

β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через зарядіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших притяжних будинків $\beta_h = 1,13$, для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Опалювана площа будинку визначається як площа поверхів (у тому числі й мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється у межах внутрішніх поверхом зовнішніх стін, що включає площу, яку займають займають перегородки і внутрішні стіни. При цьому площі сходових кліток і ліфтових шахт включається до площі поверху.

В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і підвалів, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових кліток, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду.

При визначенні площі мансардного поверху враховується площа з висотою до похилої стелі 1,2 м при нахилі 30° до обр'ю; 0,8 м – при 45° – 60° ; при 60° і більше площа вимірюється до плінтусу.

Площа житлових приміщень будинку визначається як сума площ усіх спальних кімнат (вітальень) і спалень.

Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дверних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін по внутрішній поверхні на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і двер-

них укосів глибиною від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін і площі вікон і зовнішніх дверей.

Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається, як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). При похилих поверхнях стель останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається, як площа внутрішньої поверхні стелі.

Питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові:

$$q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}, \quad (3.9)$$

де $q_{\text{буд}}$ – розрахункові або фактичні питомі тепловитрати;

E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період.

РОЗРАХУНКИ:

Розрахуємо приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку за формулою (3.5): Прийmemo $\xi = 1,1$ – для інших будинків;

$$k_{\Sigma \text{пр}} = 1,1 \cdot (497 / 2,097 + 125 / 0,72 + 468 / 3,3 + 468 / 2,8 + 14 / 1,2) / 1572 = 0,51 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахуємо умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, що враховує тепловитрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, за формулою (3.6):

$$k_{\text{инф}} = 0,278 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,25 \cdot 794 \cdot 0,7 / 1572 = 0,15 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\chi_2 = 0,278;$$

$$c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$n_{\text{об}} = 1 \text{ год}^{-1};$$

$$v_v = 0,85;$$

$$V_h = 794 \text{ м}^3;$$

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (19 + (-1,1))] = 1,25 \text{ кг/м}^3,$$

$$t_B = 19 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{on3} = -1,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\eta = 0,7.$$

Розрахуємо загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку за формулою (3.4):

$$K_{\text{овд}} = 0,51 + 0,15 = 0,66 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} .$$

Розрахуємо загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку будинку за формулою (3.3):

$$Q_k = 0,024 \cdot 0,66 \cdot 3750 \cdot 1572 = 93524,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо загальні побутові теплонадходження протягом опалювального періоду за формулою:

$$Q_{\text{ен.п}} = 0,024 \cdot Q \cdot 187 \cdot F_h \quad (3.10)$$

де Q – тепловий потік, кВт · год, який регулярно надходить від освітлення обладнання і людей, що потрібно враховувати в цілому на систему опалення будинку. Згідно СНиП 2.04.05-91 « Отопление, вентиляция и кондиционирование » для жилих приміщень його слід враховувати з розрахунку 0,01 кВт на 1 м^2 загальної площі.

$$Q_{\text{ен.п}} = 0,024 \cdot 0,01 \cdot 187 \cdot 794 = 35,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду за формулою:

$$Q_s = 0,8 \cdot 0,54 \cdot (12 \cdot 16,2 + 235 \cdot 16,2 + 377 \cdot 43,2 + 241 \cdot 43,2) = 13262 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$\zeta_B = \zeta_{3Л} = 0,8;$$

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{3Л} = 0,54;$$

$I_{Пн} = 12 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$; $I_C = 235 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$; $I_{Пд} = 377 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$; $I_3 = 241 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$;

$F_{Пн} = 16,2 \text{ м}^2$; $F_C = 16,2 \text{ м}^2$; $F_{Пд} = 43,2 \text{ м}^2$; $F_3 = 43,2 \text{ м}^2$.

Розрахуємо витрати теплової енергії за формулою (3.3):

$$Q_{рік} = [93524 - (35634 + 13262) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \cdot 1,13 = 63690 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо питомі тепловитрати на опалення навчального корпусу №5 ТНТУ за опалювальний період $q_{б\ddot{y}д}$ за формулою (3.2):

$$q_{б\ddot{y}д} = 63690 / 794 = 80,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2,$$

$$q_{б\ddot{y}д} = 63690 / 2808 = 22,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3.$$

Отже питомі тепловитрати на опалення навчального корпусу №5 ТНТУ відповідають умові згідно формули (3.10):

$$q_{б\ddot{y}д} \leq E_{max} = 80,2 \leq 83$$

Різниця розрахункового значення питомих тепловитрат від максимально допустимого значення:

$$\left[(q_{б\ddot{y}д} - E_{max}) / E_{max} \right] \times 100\% = \left[(80,2 - 83) / 83 \right] \times 100\% = -0,03\% , \quad (3.11)$$

За таблицею Ф4 ДБН В.2.6-31:2006 «Класифікація будинків за енергетичною ефективністю» навчальний корпус відповідає класу енергетичної ефективності С, дані розрахунків відображено у таблиці 2.5 кваліфікаційної роботи.

3.2 Розрахунок теплових втрат, та теплової потужності проектованої котельні

Температурні умови (температура повітря, температура внутрішніх поверхонь огорожень) у приміщенні залежать від теплової потужності системи опалення, теплозахисних якостей зовнішніх огорожень, розміщення опалювальних приладів системи опалення, інтенсивності витрат та надходжень теплоти.

У холодну пору року приміщення втрачає теплоту через зовнішні огород-

ження. Крім того, теплота витрачається на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у приміщення через нещільності огорожень та на нагрівання матеріалів, виробів які холодними потрапляють з вулиці у приміщення.

Надходить теплота у приміщення від технологічного обладнання, від нагрітих матеріалів, виробів, людей, сонячних променів, що проникають у приміщення через вікна, технологічних процесів, пов'язаних з виділенням теплоти. Врахування всіх джерел надходження та втрат теплоти необхідне для складання теплового балансу приміщень будинку та визначення потужності системи опалення. У цивільних будинках теплота надходить у приміщення від системи опалення, а величиною втрат теплоти є тепловтрати через зовнішні огороження.

Згідно діючих нормативних документів, теплова потужність системи опалення визначається за формулою:

$$Q = Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3, \quad (3.12)$$

Q_1 – розрахункові тепловтрати будинку, кВт;

b_1 – коефіцієнт дискретності типорозмірів опалювальних приладів, що враховує додатковий тепловий потік при виборі опалювального приладу за рахунок округлення в верх розрахункової величини кількості секцій або теплової потужності.

b_2 – коефіцієнт врахування додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорожень при відсутності теплозахисних екранів.

Q_2 – непродуктивні втрати теплоти трубопроводами, що розташовані у неопалюваних приміщеннях, кВт.

Q_3 – квазістаціонарний тепловий потік, що майже постійно надходить від людей, обладнання, освітлення, нагрітих матеріалів і виробів, сонячної радіації, тощо, для жилих приміщень його слід враховувати з розрахунку 0,01 кВт на 1 м² загальної площі, кВт, для розрахунку використовуємо формулу (3.10).

Розрахункові тепловтрати будинків будь-якого цільового призначення визначаються за формулою:

$$Q_1 = Q_{ок} - Q_в, \quad (3.13)$$

де $Q_{ок}$ – тепловий потік через огорожуючі конструкції, кВт;

$Q_в$ – втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, кВт.

Тепловий потік $Q_{ок}$, розраховується для кожної зовнішньої огорожуючої конструкції приміщення за формулою:

$$Q_{ок} = (1/R) \cdot A \cdot (t_в - t_з) \cdot (1 + \sum b) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.14)$$

де A - розрахункова площа огорожуючої конструкції, m^2 ;

R – опір теплопередачі огорожуючої конструкції, що розраховується $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$;

$t_в$ – температура внутрішнього повітря в приміщенні, $^\circ C$;

$t_з$ – температура зовнішнього повітря $^\circ C$;

n – коефіцієнт, що залежить від положення огорожуючої конструкції до оточуючого середовища.

Втрати теплоти Q_n , кВт · год, на повітрообмін визначимо за формулою:

$$Q_n = 0,337 \cdot P \cdot K_в \cdot (t_в - t_з) \cdot 10^{-3}, \quad (3.15)$$

де P – кількість людей, що мешкають (працюють) у будинку;

$K_в$ – норма витрати повітря на одну людину (прийmemo 16 m^3 /год. Згідно ДБН В.2.2-3-97 «Будинки і споруди»).

Втрати теплоти $Q_в$, кВт, на нагрівання зовнішнього повітря, що проникає у вхідні вестибюлі (холи) і сходові клітки через зовнішні двері, що відкриваються в холодний період року, при відсутності повітряно-теплових завіс, варто роз-

раховувати по формулі:

$$Q_g = 0,7 \cdot B \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot (t_g - t_{3,5}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.16)$$

де H - висота, м;

P - як і у формулі 3.15;

B – коефіцієнт, що враховує кількість вхідних тамбурів:

- при одному тамбурі (двоє дверей) $B = 1,0$;
- при двох тамбурах (троє дверей) $B = 0,6$.

РОЗРАХУНКИ:

Розрахуємо втрати тепла через зовнішні двері корпусу, за формулою (3.16):

$$Q_g = 0,7 \cdot 1 \cdot (3 + 0,8 \cdot 175) \cdot (19 + 22) \cdot 10^{-3} = 4,1 \text{ кВт.}$$

$H = 3$ м;

$P = 175$ чол;

$B = 1,0$.

Розрахуємо тепловий потік для кожної зовнішньої огорожуючої конструкції приміщення за формулою (3.15):

– **втрати через зовнішні стіни:**

$$Q_{ок} = (1/2,09) \cdot 497 \cdot (22 + 19) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 10,19 \text{ кВт.}$$

$A = 497$ м²;

$R = 2,09$ м²·°C/Вт (згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»);

$t_g = +19$ °C;

$t_3 = -22$ °C;

$b = 0,05$ (згідно СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика»);

$n = 0,4 - 1$, (згідно СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника»).

– **втрати через вікна:**

$$Q_{вік} = (1/0,72) \cdot 125 \cdot (19 + 22) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 7,47 \text{ кВт.}$$

$A = 125$ м²;

$$R = 0,72 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

– **втрати через стелю:**

$$Q_c = (1/3,3) \cdot 468 \cdot (19 + 22) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6,10 \text{ кВт}.$$

$$A = 468 \text{ м}^2;$$

$$R = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

– **втрати через підлогу:**

$$Q_n = (1/2,8) \cdot 468 \cdot (19 + 22) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5,39 \text{ кВт}.$$

$$A = 468 \text{ м}^2;$$

$$R = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \text{ (згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»);}$$

Розрахуємо втрати на повітрообмін за формулою (3.15):

$$Q_n = 0,337 \cdot 175 \cdot 16 \cdot (19 + 22) \cdot 10^{-3} = 38,68 \text{ кВт}.$$

$$P = 175 \text{ чол};$$

$$K_v = 16 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже теплова потужність системи електричного опалення навчального корпусу №5 ТНТУ **в денний час** складає:

$$Q_{\text{день}} = 4,1 + 10,19 + 7,47 + 6,1 + 5,39 + 38,68 - 35,6 = 36,36 \text{ кВт}.$$

Розрахункова теплова потужність системи опалення в нічний час буде розраховуватись без врахування теплового потоку, що надходить від людей, сонячної радіації, тощо, який в нічний час буде рівний нулю, отже втрати на повітрообмін ми розрахуємо за формулою:

$$Q_{\text{ніч}} = 0,337 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_g - t_z) \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \quad (3.17)$$

де A_n - опалювальна площа, м^2 ;

h - висота приміщення (одного поверху) м.

$$Q_{\text{ніч}} = 0,337 \cdot 794 \cdot 3 \cdot (19 + 22) \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 16,45 \text{ кВт}.$$

Отже теплова потужність системи електричного опалення навчального корпусу №5 ТНТУ **в нічний час** буде наступною:

$$Q_{\text{вт}} = 4,1 + 10,19 + 7,47 + 6,1 + 5,39 + 16,45 - 0 = 49,7 \text{ кВт}.$$

Таким чином загальні теплові втрати які необхідно компенсувати за рахунок потужності акумуляторів тепла системи електричного опалення будуть наступними:

$$Q_{\text{ак}} = (36,36 \cdot 12 + 49,73 \cdot 12) / 7 = 147,6 \text{ кВт}.$$

Зведемо геометричні, теплотехнічні та розрахункові дані у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведені геометричні, теплотехнічні та розрахункові дані

Геометричні та теплотехнічні показники		
1	2	3
Площа підлоги	468	м ²
Площа стелі	468	м ²
Висота приміщення	3,0	м
Загальна площа вікон	125	м ²
Загальна площа дверей (воріт)	14	м ²
Площа зовнішніх стін	464	м ²
Коеф. теплопередачі (КТВ) через вікна	0,72	Вт/м ² ·°С
КТВ через двері/ворота	1,2	Вт/м ² ·°С
КТВ через зовнішні стіни	2,09	Вт/м ² ·°С
КТВ через стелю	3,3	Вт/м ² ·°С
КТВ через підлогу	2,8	Вт/м ² ·°С
Розрах. темп. всередині приміщення	19,0	°С
Зовнішня температура мін.	-22,0	°С
Середня темп. за опалюв. період	-1,1	°С
Внутрішнє тепловиділення	10	Вт/м ²
Коеф. змінності об'єму	1,0	Об./год.
Температурний градієнт	1,5	°С /м
(змiна температури по висотi)		

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3
	Розрахунок енерговитрат	
Розрахункові дані		
Час підтримання денної температури	1260	год.
Час підтримання нічної температури	1800	год.
Режим підтримання температури (за тиждень)	7	днів/тиж.
Вартість 1кВт/год (диферен. тариф)	0,3764	грн./кВт
Денне енергоспоживання		
Підлога	6791,4	кВт·год/рік
Стеля	7686	кВт·год/рік
Вікна	9412,2	кВт·год/рік
Ворота та двері	5166	кВт·год/рік
Зовнішні стіни	12839,4	кВт·год/рік
Вентиляція	48736,8	кВт·год/рік
Загальне енергоспоживання	90631,8	кВт·год/рік
Нічне енергоспоживання		
Огороджуючі конструкції	59886	кВт·год/рік
Вентиляція	29610	кВт·год/рік
Загальне енергоспоживання	89496	кВт·год/рік
Загальне енергоспоживання	180127,8	кВт·год/рік
Річні витрати	67800,1	грн./рік

3.3 Техніко-економічні розрахунки запровадження системи опалення навчального корпусу №5

Таблиця 3.2 – Показники для розрахунку системи опалення

Приведена опалювальна площа, м ²	Прилади опалення, екм.	Примітки
982,2	140	Витрати тепла на опалення при температурі - 20 ⁰ С н/с

Необхідна кількість теплоносія на годину для опалювальної системи:

$$140 \text{ екм.} \cdot 17,4 \text{ л.} \cdot 1,2 = 2924 \text{ літрів.} \quad (3.18)$$

1 екм (еквівалентний квадратний метр) – площа нагрівального приладу, що – віддає за 1 год. 435 ккал. тепла при різниці середньої температури теплоносія і повітря 64,5 °С і витратах води в цьому приладі 17,4 кг.

Необхідна кількість тепла для нагріву:

$$2924 \text{ л.} \cdot (85 - 65)^{\circ} \text{С} \cdot 0,333 \text{ ккал.} = 19474 \text{ ккал.} \quad (3.19)$$

Енергетичні витрати для нагріву води:

Поточні витрати:

$$19474 \text{ ккал.} / 860 \text{ ккал/год} = 23 \text{ кВт/год} \quad (1 \text{ кВт} = 860 \text{ ккал/год}).$$

Необхідна кількість накопиченого теплоносія для опалення в денний та вечірній час доби 12 000 літрів.

Витрати на нагрів теплоносія:

$$(12000 - 2924) \text{ л.} = 9076 \text{ л.}$$

$$9076 \text{ л.} \cdot 40^{\circ} \text{С} \cdot 0,333 \text{ ккал.} = 120892 \text{ ккал.}$$

$$(120892 \text{ ккал.} / 860 \text{ ккал.}) / 7 \text{ год.} = 21 \text{ кВт/год.}$$

Загальні поточні витрати по пільговому тарифу в нічний час:

$$(23 + 21) \text{ кВт} \cdot 7 \text{ год.} = 315 \text{ кВт/год} \cdot 0,84 \text{ грн.} \cdot 0,5 = 132,3 \text{ грн./добу}$$

Витрати на роботу насосів (при круглодобовій роботі):

$$(0,8 \text{ кВт} \cdot 24 \text{ год.}) \cdot 0,84 = 16,13 \text{ грн.,}$$

Вартість опалення за добу:

$$(132,3 + 16,13) = 148,43 \text{ грн.,}$$

Вартість опалення за місяць:

$$148,43 \text{ грн.} \cdot 30 \text{ дн.} = 4452,9 \text{ грн.}$$

Вартість опалення за опалювальний сезон:

$$4452,9 \text{ грн.} \cdot 6 \text{ міс.} = 26\,717,4 \text{ грн.}$$

Встановлення акумулятора тепла з об'ємом теплоносія 12 м^3 , та потужністю до 90 кВт/год. дозволять накопичити необхідну кількість теплоносія по нічному тарифу для денного та вечірнього використання, на протязі 17 годин.

Загальні витрати не повинні перевищувати $26\,717,4 \text{ грн.}$ за рік.

Витрати на опалення фактично можуть бути значно меншими при раціональному опаленні в залежності від зміни температури навколишнього повітря.

Річні температурні показники суттєво відрізняються від розрахункових – 20°C. та витратами тепла на 1 м^2 площі 60 ккал./год.

Фактичні витрати повинні складати не більше 70% від розрахункових:

$$26\,717,4 \text{ грн.} \cdot 70 \% = 18\,702,18 \text{ грн.}$$

Отже річна економія при впровадженні електротеплоакумуляційної системи опалення з використанням конвективного водогрійного котла (акумулятора тепла) становитиме:

$$D = 114739,78 - 18702,18 = 96\,037,6 \text{ грн.}$$

Для визначення ефективності впровадження проекту та розрахунку терміну окупності представимо капітальні витрати в енергозберігаючий захід в таблиці 3.3.

Таблиця 5.2.

Таблиця 3.3 – Капітальні витрати системи електричного опалення

Зведені техніко-економічні показники	Од. вим.	Монтаж системи опалення	Електрич. мережі	Разом
Проектні роботи	тис. грн.	25,8	16,0	41,8
Вартість обладнання	-,,-	205,0	47,0	252,0
Капіталовкладення на будівництво	-,,-	119,0	68,0	187,0
Загальні витрати	-,,-	349,8	131	480,8

Термін окупності енергозберігаючого заходу становить:

$$T = \frac{KB}{D} = \frac{480800}{96037,6} = 5 \text{ років.}$$

З одержаних даних випливає, що електроопалення не є найбільш витратним видом опалення ані за капітальними, ані за експлуатаційними витратами. Більше того, за певних умов, особливо з врахуванням високих споживчих властивостей, функціонування як споживача - регулятора об'єднаної енергосистеми України, електрообігрів за техніко-економічними показниками не

поступається традиційним способам теплопостачання і може бути рекомендованим як масовий вид опалення.

3.4 Висновки до розділу 3

1. Розраховано теплотехнічні показники навчального корпусу № 5 ТНТУ ім.І.Пулюя.
2. Визначено питомі теплові втрати на опалення.
3. Розраховано потужність теплового акумулятора для накопичення теплової енергії.
4. Проведено техніко-економічні розрахунки ефективності запровадження системи опалення з використанням акумуляторів тепла.
5. Наведено капітальні витрати на облаштування котельні та визначено термін окупності.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Правила безпеки при експлуатації електротеплоакумуляційних систем

Охорона праці та техніка безпеки при будівництві та експлуатації електроопалення корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя забезпечується прийняттям проектних рішень у відповідності до ПУЕ-86 «Правила улаштування електроустановок» та СНіП III-4-80 «Техніка безпеки в будівництві».

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки кваліфікаційною роботою передбачено:

- > використання технічно-досконалого обладнання;
- > розташування обладнання забезпечує вільний доступ при обслуговуванні;
- > використання типових конструкцій;
- > використання при виконанні будівельно-монтажних робіт машин та механізмів, в конструкціях яких закладені принципи охорони праці;
- > заземлення елементів електроустановок з нормованою величиною опору і конструкцією, яка відповідає вимогам ПУЕ-86;
- > високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт;
- > виконання будівельно-монтажних робіт згідно типових технологічних карт.

Забороняється в електроустановках доторкатися до струмопровідних частин обладнання, які можуть знаходитися під напругою без захисних засобів (індикаторів, гумових рукавиць і т. ін.).

Знімати та встановлювати запобіжники чи інші елементи захисту необхідно при відключеній напрузі живлення.

Двері приміщень електроустановок зачиняти на замок.

Системи електричного опалення знаходяться під струмом небезпечним для життя людини. Тому необхідно дотримуватися наступних правил безпеки:

- ✓ застосування одного із методів захисту елементів електричного опалення від пробую - заземлення, занулення чи автоматичного відключення;
- ✓ ізоляція відкритих електричних частин;
- ✓ огороження енергонесучих частин та застосування знаків попереджуючих про небезпечну напругу;
- ✓ ремонт, монтаж та огляд обладнання дозволяється лише при виключеній напрузі;
- ✓ наявність загального вимикача напруги;
- ✓ не допускається робота зіпсованого обладнання, а також при короткому замиканні.

4.2 Розрахунок захисного занулення системи електротеплоаккумуляційного обігріву

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитись під напругою внаслідок замикання на корпус або за інших причин.

Занулення призначено для усунення небезпеки ураження електричним струмом у разі дотику до корпусу та інших неструмоведучих металевих частин електроустановки, яка опиниться під напругою внаслідок замикання на землю. Вирішується ця задача іншим шляхом, ніж у випадку захисного заземлення: швидким вимиканням від мережі пошкодженої електроустановки. З моменту виникнення замикання на корпус і до відключення електроустановки від мережі занулення виконує функцію захисного заземлення, тобто знижує напругу дотику до безпечних значень.

Принцип дії занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазним та нульовим проводами) з метою викликати струм, значно більший, ніж робочий, спроможний забезпечити спрацювання захисту і тим самим автоматично вимкнути ушкоджений електроелемент від мережі.

Розрахуємо захисне занулення для системи електричного опалення, яке підключено до мережі напругою 380В з глухозаземленою нейтралю.

При замиканні фази на занулений корпус електроелемент автоматично відключається, якщо струм однофазного короткого замикання $I_{кз}$ задовольняє умові:

$$I_{кз} \geq 3RI_{ном} \quad (4.1)$$

де R – коефіцієнт кратності номінального струму $I_{ном}$, А запобіжника.

Так як захист здійснюється плавкими запобіжниками, то згідно ПУЕ – 87 приймаємо $R = 3$.

$$I_{кз} 3RI_{ном} = 3 I_{ном} \quad (4.2)$$

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_m / 3 + Z_n) \quad (4.3)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга, 220 В;

Z_T - опір трансформатора;

Z_{Π} - опір петлі фаза-нуль, яке визначається з залежності:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_i)^2} \quad (4.4)$$

де R_{ϕ} , R_n - активний опір фазного і нульового провідника, Ом;

X_{ϕ} , X_n - внутрішній індуктивний опір фазного і нульового провідника, Ом;

X_i - зовнішній індуктивний опір петлі «фаза – нуль», Ом.

Найменше допустиме значення $I_{кз}$.

$$I_{кз} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ А}$$

Розраховуємо опори з врахуванням матеріалу провідника: R_{ϕ} , R_n , X_{ϕ} , X_n :

$$R_{\phi} = rL / S, R_n = r \cdot L / S \quad (4.5)$$

де $\rho_{\text{ал}}$ – питомий опір провідника з алюмінію, $\rho_{\text{ал}} = 0,028 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;

L – довжина провідника, $L = 20 \text{ м}$,

S – переріз провідників, які йдуть:

S_1 – від трансформатора до ВРП у щитовій;

S_2 – від ВРП у щитовій до котла;

L_1 – довжина провідника від трансформатора до ВРП;

L_2 – довжина провідника від ВРП до котла.

Підставимо значення і отримаємо значення опорів:

$$R_{\phi 1} = \rho L_1 / S_1 = 0,028 \times 40 / 1000 = 0,00112 \text{ Ом};$$

$$R_{\phi 2} = \rho L_2 / S_2 = 0,028 \times 20 / 120 = 0,00460 \text{ Ом};$$

$$R_{\phi} = R_{\phi 1} + R_{\phi 2} = 0,00112 + 0,00460 = 0,00572 \text{ Ом}.$$

$$R_n = R_{n1} + R_{n2} \quad (4.6)$$

де R_{n1} – опір нульового провідника від трансформатора до ВРП;

R_{n2} – опір нульового провідника від ВРП до котла;

$$R_{n1} = \rho L_1 / S_{n1} = 0,028 \times 40 / 1000 = 0,00112 \text{ Ом};$$

$$R_{n2} = \rho L_2 / S_{n2} = 0,028 \times 20 / 120 = 0,0047 \text{ Ом}.$$

Нульовий захисний провідник буде виконаний зі сталі. Для визначення його активності та внутрішнього індуктивного опору необхідно визначити очікувану щільність струму і по визначеному перерізу провідника по таблиці визначити опір.

Щільність струму визначаємо по формулі: $\varphi = I_{\text{кз}} / S$.

Для нульового провідника вибираємо провідник прямокутного перерізу $40 \times 4 \text{ мм}$: $\varphi = I_{\text{кз}} / S = 300 / 160 = 1,875 \text{ А}/\text{мм}^2$.

Тоді, $R_n = r_{\omega} \cdot L_3$,

де $r_{\omega} = 1,54 \text{ Ом}/\text{км}$.

$$R_{n3} = r_{\omega} \times L_3 = 1,54 \times 0,007 = 0,01078 \text{ Ом};$$

$$R_n = R_{n1} + R_{n2} + R_{n3} = 0,00112 + 0,00470 + 0,01078 = 0,0166 \text{ Ом}.$$

Внутрішній індуктивний опір нульового захисного провідника:

$$X_n = X_{\omega} L,$$

$$X_{\omega} = 0,092 \text{ Ом/км},$$

$$X_n = X_{\omega} L_3 = 0,92 \times 0,007 = 0,00644 \text{ Ом}.$$

Переріз нульового провідника і його матеріал вибирають з умови, щоб повна провідність нульового дроту була не менш 50% повної провідності фазного дроту.

$$\frac{1}{R_n + X_n} \geq \frac{1}{2(R_{\phi} + X_{\phi})}$$

$$\frac{1}{0,166 + 0,0644} \geq \frac{1}{2(0,02202)}$$

$$43,4 \geq 22,7$$

Значення X_{ϕ} і X_n для алюмінієвих провідників малі і ними можна знехтувати. Підставивши значення опорів, впливає що умова виконується.

Знаходимо зовнішній індуктивний опір петлі «фаза-нуль» 0,6 Ом/км:

$$X_n = 0,6 (L_{\phi} + L_n)$$

де L_{ϕ} , L_n – довжина провідників (фазного і нульового)

$$X_n = 0,6 (0,067 + 0,067) = 0,08 \text{ Ом}.$$

Визначаємо опір петлі «фаза-нуль»:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_u)^2} =$$

$$\sqrt{(0,02202 + 0,0166)^2 + (0,03862 + 0,0864)^2} = 0,095 \text{ Ом}.$$

Тепер, коли відомі всі значення опорів знаходимо струм короткого замикання:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_T/3 + Z_{\Pi}) = 220 / (0,54/3 + 0,095) = 449 \text{ А}$$

Перевіримо умову надійного спрацювання захисту $I_{пл.вст} = 100 \text{ А}$, тобто $449 \geq 300$. Дана умова виконується - розрахунки виконана вірно.

4.3 Безпека при гасінні електроустановок

Горючими речовинами і матеріалами в електроустановках є в основному органічні матеріали - папір, пряжі, тканини, гума, пластмаси, мінеральне масло та ін. Горіння їх звичайно супроводжується значним виділенням диму і газоподібних продуктів розкладання, часто має вид тління. Мінеральне масло (трансформаторне) і кабельні мастики горять полум'ям, що коптить, із значним виділенням окису вуглецю CO, що є отруйним газом.

Якщо електроустановка, що горить, не відключена і знаходиться під напругою, то її гасіння представляє небезпеку ураження електричним струмом. Тому, як правило, приступати до гасіння пожежі електроустановки можна тільки після зняття з неї напруги. Якщо з якоїсь причини напругу зняти швидко неможливо, а пожежа швидко розвивається, то допускається гасіння пожежі електроустановки, що знаходиться під напругою, але з дотриманням особливих заходів електробезпеки.

Для гасіння пожежі електроустановки (маслонаповнених трансформаторів, електричних машин, кабельних ліній, прокладених в тунелях, і ін.) можна використовувати воду (що розпиляється або компактний струмінь), повітряно-механічну піну, інертний газ, порошки і інші вогнегасні засоби (закриття вогнища горіння кошмою, сухим піском і т. п.).

В електричних мережах існують наступні вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок:

- 1) допускається гасіння пожежі водяними потоками на не відключених електроустановках напругою до 10 кВ, відкритих тільки для огляду електрика. При цьому опора повинна бути заземлена, а електрик - працювати в діелектричних ботах (чоботах) і рукавицях. Не допускається гасіння пожеж ручними засобами (вогнегасниками);
- 2) забороняється гасіння пожежі усіма видами пін з допомогою ручних

засобів в електроустановках під напругою, так як піна і розчини піноутворювачів мають найбільшу електропровідність. Тільки в окремих випадках при спеціальному закріпленні піногенераторів і надійному їх заземленні, а також заземленні насосів пожежних машин, дозволяється гасити пожежу повітряне - механічною піною в електроустановках напругою до 10 кВ, які знаходяться під напругою;

3) при пожежі трансформатор повинен бути відключеним з обох сторін, після чого одразу ж приступають до його гасіння будь - якими засобами(повітряне - механічною піною, розпиленою водою, вогнегасниками). При гасінні пожежі в трансформаторах, які встановлені в приміщеннях (камерах), необхідно прийняти заходи щодо попередження розповсюдження пожежею через вентиляційні і інші канали. Вентиляція в приміщенні в цей період може включатись тільки з вказівки пожежного підрозділу;

4) при загорянні кабелів необхідно при наявності стаціонарної системи пожежегасіння (повітряне - механічною піною, розпиленою водою, і ін.)включити її в роботу. При гасінні горючих кабелів напругою вище 1000 В у кабельному тунелі, який працює з пожежним стовпом, повинен направляти потоки води через дверний люк, не заходячи при цьому в відсік з гарячими кабелями. Одночасно з гасінням пожежі кабелів потрібно прийняти заходи щодо швидкого зняття з них напруги;

5) щити управління станцій чи підстанцій напругою до 0,4 кВ являються найбільш важливою частиною електроустановок, тому найбільшу увагу при гасінні пожежі повинні приділяти збереженню на них встановленої апаратури;

б) при загорянні кабелів, проводів і апаратів на панелях щитів управління оперативний персонал повинен в міру можливості зняти напругу з панелей, не допускаючи переходу вогню на сусідні панелі. В цьому випадку застосовують брометиллові чи вуглекислотні вогнегасники а також розпилену воду.

Гасіння пожежі електроустановок, що не знаходяться під напругою, допускається будь-якими гасячими засобами, включаючи воду.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було вирішено актуальне завдання, що полягає у розробці електротеплоаккумуляційної системи опалення навчального корпусу №5 ТНТУ ім. І. Пулюя.

В кваліфікаційній роботі були вирішені такі завдання:

1. Наведено схему підключення автономної котельні до існуючої трансформаторної підстанції.
2. Представлено принципову схему конвективного водогрійного котла його параметри та технічну характеристику.
3. Наведено схему керування проектованої системи тепlopостачання навчального корпусу.
4. Запропоновано заходи по зменшенню теплових втрат через огорожуючі конструкції.
5. Розраховано теплотехнічні показники навчального корпусу № 5 ТНТУ ім.І.Пулюя.
6. Визначено питомі теплові втрати на опалення.
7. Розраховано потужність теплового акумулятора для накопичення теплової енергії.
8. Проведено техніко-економічні розрахунки ефективності запровадження системи опалення з використанням акумуляторів тепла.
9. Наведено капітальні витрати на облаштування котельні та визначено термін окупності.

Для технологічних виробництв розроблені заходи безпеки, збереження здоров'я, працездатності працівників під час виконання службових обов'язків, а також зменшення або запобігання впливу шкідливих факторів.

Аналіз актуальності проблемної ситуації, полягає у вирішенні питання, що може суттєво розширити масштаби розповсюдження електрообігріву в Україні. Одним з перспективних шляхів підвищення енергоефективності електрообігріву є перехід до електротеплоакумуляційних технологій. Тобто, заміна традиційних котелень на електроопалювальні акумуляційні комплекси з переведенням їх у режим споживання електроенергії тільки вночі з багатотарифним обліком електроенергії є одним з найдоцільніших засобів підвищення енергоефективності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анапольская Л. Е. Метеорологические факторы теплового режима зданий / Л. Е. Анапольская, Л. С. Гандин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 239 с.
2. Андреевский А. К. Отопление: [учеб. пособие для вузов по спец. 1208 «Теплогазоснабжение и вентиляция»] / А. К. Андреевский; под ред. М. И. Курпана. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Высш. шк., 1982. – 364 с.: ил.
3. Архитектурные конструкции: [учеб. для вузов по спец. «Архитектура»] / З. А. Казбек-Казиев, В. В. Бесполов, Ю. А. Дыховичный и др.; под ред. З. А. Казбек-Казиева. – М.: Высш. шк., 1989. – 342 с.: ил.
4. Архитектура гражданских и промышленных зданий: [учебник для вузов: в 5 т.] / Моск. инж.-строит. ин-т им. В. В. Куйбышева. – М.: Стройиздат, 1983. – Т. 3: Жилые здания / Л. Б. Великовский, А. С. Ильяшев, Т. Г. Маклакова и др.: под общ. ред. К. К. Певцова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – 239 с.: ил.
5. [Беляев В. С. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий](#) / В. С. [Беляев](#), Л. П. [Хохлова](#). – М.: Высш. шк. – 1991. – 255 с.
6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): [учебник для вузов.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.: ил.
7. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Высш. шк., 1975. – 511с.: ил.
8. ДБН В. 2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – [Чинний від 2007-04-01]. – К.: Держбуд України, 2006. – 71 с.
9. ДБН В.2.2-15 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – [Чинний від 2005-01-10]. – К.: Держбуд України, 2005. – 36 с.

10. ДБН В.2.2-9 Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди. Основні положення. – [Чинний від 2001-01-01]. – К.: Держбуд України, 1999. – 45 с.
11. Денисов П. П. Теплоэнергетическая оценка зданий различной этажности / П. П. Денисов // Жилищное строительство. – 1983. – №5. – С. 7–9.
12. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций: ГОСТ 26254-84. – [Введен в действие с 1985-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 24 с.
13. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий): [учебн. пособие для инж.-строит. вузов] / В. М. Ильинский. – М.: Высш. шк., 1974. – 320 с.: ил.
14. СНиП II-33-75. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1975. – 61 с.
15. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 64 с.
16. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
17. СНиП II - 4 - 79 Естественное и искусственное освещение / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1980. – 48 с..
18. Справочник по теплозащите зданий / В. П. Хоменко, Г. Г. Фаренюк. – К.: Будівельник, 1986. – 216 с.
19. Строительство. Материалы и изделия теплоизоляционные: ГОСТ 4.201-79. – [Введен в действие с 1979-01-07]. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
20. Строй А. Ф. Керування тепловим режимом будівель та споруд: [Монографія] / А. Ф. Стой. – К.: Вища шк., 1993. – 155 с.: ил. – Рос.
21. Техничко-економическое обоснование дипломных проектов: Учеб. Пособие для втузов/ Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов и др.; Под ред. В. К. Беклешова. – М.: Высш. шк., 1991. – 176 с.: ил.
22. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2002. - 320 с.

23. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу // Охорона праці. - 1998. - № 6.

24. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП 0.00-1.21-98.- К.: Основа, 1998. - 380 с.

25. Джигирей В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р. А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). – Львів “Афіша”, 2000 – 272 с.

26. Гайда С.В. Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації вживаної деревини // Лісове господарство, лісова, папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб.– Львів : НЛТУ України. – 2008. – Вип. 34. – С. 68-80.

27. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти України I-IV рівня акредитації / За ред. Е. П. Желібо, В. П. Пічі. – Київ «Каравела»; Львів «Новий Світ – 2000», 2001. – 320 с