ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ім. О.М. БЕКЕТОВА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр
(освітній ступінь)

на тему: «Теплопостачання житлового мікрорайону в м. Чернігів»

Виконав: здобувач освіти 4 курсу
групи ЦІ 2022-1
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр та назва)
освітня програма Цивільна інженерія
(назва)
Мартиросян А.К.
(прізвище ініціали)

Керівник Тарадай О.М.
(прізвище ініціали)

Рецензент Бурда Ю.О.
(прізвище ініціали)

2026 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ім. О.М. БЕКЕТОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут Будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр та назва)

Освітня програма Цивільна інженерія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГВ

Юрій ЧАЙКА

“ 26 ” травня 2026року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ

Мартиросяну Ашоту Кареновичу

(ПІБ)

1. Тема роботи: «Теплопостачання житлового мікрорайону в м. Чернігів »

керівник роботи: д.т.н. проф. Тарадай Олександр Михайлович

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 26 » травня 2026 року № 447-03

2. Строк подання студентом роботи: 23червня 2026 р.

3. Вихідні дані до випускної роботи бакалавра: Плани теплових мереж, кліматологічні дані, інформація про джерело теплопостачання, параметри теплоносія в магістральній тепловій мережі та після ЦТП

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

Вступ. 1.Проєктна частина; 2. Організаційно-технологічні рішення з будівництва системи теплопостачання; 3. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):

Аркуш 1. Будівельний генплан житлового мікрорайону. **Аркуш 2**. Монтажна схема теплових мереж; **Аркуш 3.** Вузол ВТ-1,ВТ-2, розрізи 1-1; 2-2. Аркуш 4. Принципова схема ЦТП. **Аркуш 5**. Повздовжній профіль теплових мереж. **Аркуш 6.** Організаційно-технологічні рішення з будівництва системи теплопостачання**.**

6. Консультанти розділів випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Проєктна частина	проф. Тарадай О.М.		
Організаційно-технічні рішення будівництва системи теплопостачання	проф. Тарадай О.М.		
Охорона праці	доц.Косенко Н.О.		

7. Дата видачі завдання 26.05. 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1	Збір даних для проєктування та їх вивчення	27.05. -30.05.2026	
2	Проєктна частина	31.05.-10.06.2026	
3	Організаційно-технічні рішення будівництва системи теплопостачання	11.06.-15.06.2026	
4	Охорона праці	15.06.-21.06.2026	

Здобувач освіти _____ Мартиросян А.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Тарадай О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація…… 5

Вступ……6

1. «Проєктна частина»…….8
2. «Організаційно-технічні рішення з будівництва системи теплопостачання»…….36
3. «Охорона праці»……..45

Список використаних джерел……62

АНОТАЦІЯ

Мартиросян А. К.. ***Теплопостачання житлового мікрорайону в м. Чернігів***. Кваліфікаційна робота бакалавра з галузі знань 19– Архітектура та будівництво, зі спеціальності 192– Будівництво та цивільна інженерія (освітня програма «Цивільна інженерія»). Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, 2026 р.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з пояснювально-розрахункової записки, яка викладена на 63 сторінках машинописного друку, містить 8 схем та рисунків, 14 таблиць та 14 джерел інформації, використаних при написанні роботи та графічної частини, викладеної на 6 аркушах формату А1, що містять основні результати виконання випускної роботи.

Проєктна частина присвячена питанням визначення розрахункових теплових навантаження на системи ОВ і ГВП. Було виконано розрахунок сумарних теплових навантажень будівель, прийнято температурний графік регулювання відпуску теплоти споживачам та визначено витрати теплоносія. Проведено гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж та мереж ГВП, виконано конструювання теплової мережі та обґрунтовано вибір способу її прокладання, проведені розрахунки опор та компенсаторів і підібрано обладнання ЦТП.

Другий розділ «Організаційно-технічні рішення з будівництва системи теплопостачання» розроблений з метою визначення тривалості будівництва з подальшою розробкою календарного графіку виконання БМР та визначення потреб у трудових і технічних ресурсах для реалізації проєкту будівництва теплових мереж. Зокрема, у розділі розглянуто та визначено послідовність виконання робіт та введення об’єкту будівництва в експлуатацію.

У третьому розділі «Охорона праці» розроблено та обґрунтовано низку заходів щодо забезпечення основних вимог охорони праці та умов праці персоналу при проведенні робіт на об’єктах будівництва, проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Окремої уваги у даному розділі заслуговують питання безпеки персоналу в умовах воєнного стану.

ВСТУП

Будь-яка система централізованого теплопостачання, незалежно від її потужності та масштабу, складається з трьох взаємопов'язаних між собою основних елементів – це джерело теплопостачання, теплова мережа, споживач теплової енергії [1,2].

Виробництво тепла забезпечується джерелом теплопостачання, функції якого виконують ТЕЦ, котельні районного чи промислового призначення та інші теплогенерувальні установки. Теплова мережа виконує функцію транспортування теплоносія від місця його виробництва до споживача, забезпечуючи тим самим надійну та безперебійну передачу теплової енергії. Відповідно до [1], споживачем теплової енергії є об'єкти житлового, цивільного та промислового призначення, які використовують отриману теплову енергію для забезпечення потреб з ОВ, ГВП та ін. Отже, ефективна робота централізованої системи залежить від узгодженої взаємодії кожного з вище зазначених елементів.

Крім того, для забезпечення узгодженої роботи та ефективної взаємодії основних елементів необхідно передбачати відповідні сполучні ланки між ними. Вони повинні бути належним чином запроектованими та правильно експлуатуватися, що забезпечує передачу теплової енергії, регулювання параметрів теплоносія та надійне функціонування системи в цілому. Цими ланками є: мережеві насосні станції, насосно-підігрівальні установки між джерелом теплопостачання та тепловою мережею, а ЦТП та ІТП – між тепловою мережею та споживачем теплової енергії.

Для нормальної роботи централізованої системи особливого значення набуває правильне проектування та експлуатація теплових пунктів споживачів. По-перше, це пояснюється великою кількістю об'єктів теплопостачання, які вони обслуговують, по-друге, територіальною розосередженістю теплових пунктів та різними типами теплоспоживальних установок, по-третє, суттєвим впливом їх роботи на функціонування суміжних систем та техніко-економічні показники джерел теплової енергії.

Отже, ефективне функціонування системи централізованого теплопостачання залежить не лише від узгодженої роботи всіх її елементів, правильного проєктування та експлуатації основного та допоміжного обладнання, а й також від коректного визначення теплових навантажень. Сукупність цих факторів забезпечує надійне та економічно ефективне постачання теплової енергії споживачам у необхідних обсягах та з належними параметрами теплоносія.

РОЗДІЛ 1.
ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

1.1 Кліматичні дані.

Кліматичні параметри житлового мікрорайону прийнято відповідно до чинного нормативного документа [3] для міста Чернігова, яке належить до I кліматичної зони України (рис.1.1, табл.1.1). Клімат району характеризується як помірно континентальний із відносно холодною зимою та помірно теплим літом (табл.1.2).

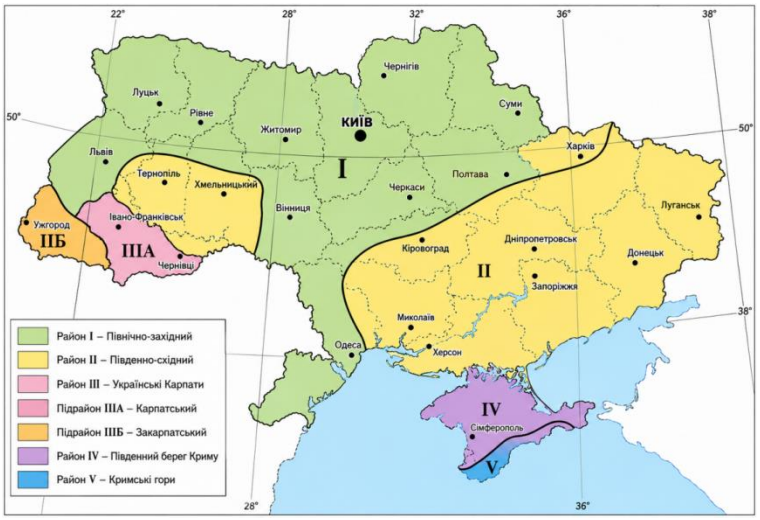

Рисунок 1.1– Карта України з кліматичними умовами [3]

Таблиця 1.1– Коротка характеристика кліматичної зони розташування об’єкта будівництва

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимір вання
Кліматична зона	Перша	I	–
Середньорічна температура зовнішнього повітря	$t_{ср}$	7,0	°С
Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювальних систем	$t_{н.о.}$	–23	°С
Середня температура зовнішнього повітря нормативного періоду забезпечення теплового навантаження	$t_{ср.оп}$	0,9	°С
Нормативний період забезпечення теплового навантаження	$\tau_{сез.оп.}$	187	діб

Таблиця 1.2 – Середня місячна температура зовнішнього повітря для м. Чернігова згідно з [3]

Середня місячна температ ра зовнішнього повітря,°С											
січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	Арко ад	грудень
–5,9	–4,9	–0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	–3,5

Наведені кліматичні дані є основними вихідними параметрами, з допомогою яких визначаються теплові навантаження на систем опалення та здійснюють вибір обладнання джерела теплопостачання. Нормативний період забезпечення теплового навантаження для зазначеного міста встановлюється з 10.10. до 15.04, що обумовлює необхідність забезпечення надійного та ефективного теплопостачання будівель житлового та громадського призначення, розташованого на території мікрорайону.

Середня швидкість вітру в холодний період року становить близько 4,5–5,0 м/с, у зв’язку з чим тому під час проєктування необхідно враховувати вплив вітрових навантажень, які зумовлюють додаткові тепловтрати через огороджувальні конструкції будівель та впливають на режими роботи систем вентиляції.

З урахуванням наведених кліматичних умов система теплопостачання повинна забезпечувати надійне та безперебійне покриття теплових навантажень будівель житлового та громадського призначення мікрорайону протягом усього періоду забезпечення теплового навантаження.

1.2 Характеристика житлового мікрорайону

Мікрорайон, для якого передбачається проєктування системи теплопостачання, розташований у місті Чернігів. У межах забудови знаходяться об’єкти соціальної інфраструктури – дошкільний навчальний заклад та корпус зв’язку районного вузла зв’язку .

Житловий фонд складається з шести багатоквартирних житлових будинків. Транспортне сполучення між усіма об’єктами забезпечується внутрішньою дорожньою мережею, що забезпечує доступ до об’єктів житлового та соціального призначення. Запроєктована система теплопостачання має забезпечувати гарантоване та безперебійне постачання теплової енергії до всіх споживачів, розташованих на території мікрорайону.

Джерелом теплопостачання є ЦТП, який знаходиться на околиці району зі східного боку. Система теплопостачання – закрита чотиритрубна , прокладання теплових мереж – переважно підземне.

Рельєф місцевості переважно рівнинний, з незначною різницею висотних відміток. Це створює сприятливі умови для прокладання інженерних комунікацій, зокрема теплових мереж, систем водопостачання та водовідведення, а також дозволяє зменшити обсяги земляних робіт під час будівництва.

1.3Визначення розрахункових теплових навантажень

Відповідно до функціонального призначення кожного споживача та кожної інженерної системи будівлі розраховуються розрахункові теплові навантаження, які за характером зміни у часі поділяються на дві основні групи: *сезонні* та *цілорічні*.

До теплових навантажень належать витрати теплової енергії, відведені на потреби систем опалення і вентиляції, величина яких безпосередньо залежить від температурних параметрів зовнішнього повітря та може змінюватися протягом періоду забезпечення теплового навантаження .

До цілорічних теплових навантажень відносяться витрати теплової енергії на гаряче водопостачання та технологічні потреби. Зазначені навантаження характеризуються незначною залежністю від сезонних коливань температури зовнішнього повітря та забезпечуються протягом усього року.

На відміну від сезонних навантажень, цілорічні теплові навантаження мають виражену нерівномірність добового споживання теплової енергії. Їх річний режим роботи визначається особливостями експлуатації об'єкта та сезонними змінами умов водоспоживання. Зокрема, теплове навантаження систем гарячого водопостачання у літній період, як правило, є меншим порівняно із зимовим через підвищення температури холодної води у водопровідній мережі, що знижує потребу в її підігріві.

1.4 Визначення теплових навантажень на системи опалення та вентиляції

Призначенням систем опалення і вентиляції є забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель житлового та громадського призначення відповідно до чинних нормативних документів [4], оскільки основними показниками комфортних умов перебування людей є температура внутрішнього повітря, його відносна вологість та якісний склад повітряного середовища.

Визначення теплових навантажень для окремих будівель здійснюватиметься за допомогою методу укрупнених показників за формулою:

$$Q'_{0\,max} = q_0 \times A \times (1 + K_1), \quad (1.1)$$

де q_0 – показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1м^{2}загальної площі, Вт/м^2;

А – загальна площа житлових будинків, м^2;

K_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд.

Тобто

$$Q'_{0\,max} = q_0 \times A \times q_0 \times A \times K_1 = Q'_{0\,maxr} + Q'_{0\,maxc}, \quad (1.2)$$

де $Q'_{0\,maxr}, Q'_{0\,maxc}$ – розрахункові максимальні теплові навантаження на опалення будівель житлового та громадського призначення.

Відповідно до вимог [5] розрахункову температуру внутрішнього повітря для дошкільного навчального закладу обираємо на рівні 22 °С, для житлових кімнат багатоквартирних житлових будинків в межах 20 °С, для громадських будівель – 20. Отже, виходячи з прийнятої температури оберемо для усіх типів будівель розрахункову температуру рівну 20 °С.

Оскільки за вихідними даними до виконання випускної роботи характеристики будівель громадського призначення відомі, то формулу розрахункового максимального теплового навантаження запишемо у наступному вигляді:

$$Q'_{v\,maxc} = q_0 \times A \times K_1 \times K_2, \quad (1.3)$$

де $K_2 -$ коефіцієнт, який враховує тепловий потік на вентиляцію будівель громадського призначення.

Визначення середніх теплових потоків на опалення та вентиляцію здійснюємо за розрахунковими залежностями 1.4-1.5:

$$Q'_{o\,mid} = \frac{Q'_{o\,max} \times (t_i - t_p)}{(t_i - t_0)}. \quad (1.4)$$

$$Q'_{v\,midc} = \frac{Q'_{v\,maxc} \times (t_i - t_p)}{(t_i - t_0)}. \quad (1.5)$$

Відповідно до даних залежностей, що здатні забезпечити перерахунок теплових навантажень від умов температури зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки до умов середньої температури холодного періоду року проводимо розрахунки та виводимо отримані результати у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3– Теплові навантаження на опалення і вентиляцію будівель житлового мікрорайону

№ з/п	Назва будівлі	Загальна площа, А, м^2	Розрахункова темп. внутрішнього повітря, $t^1_{o,}$ °С	Максимальний тепловий потік		
				$Q'_{o\,max,}$ МВт	$Q'_{v\,max,}$ МВт	ΣQ, МВт
1	2	3	4	7	8	
1	32-х кв. ж/б	1560 м^2	20	0,122	--	0,122
2	32-х кв. ж/б	1560 м^2	20	0,122	--	0,122
3	32-х кв. ж/б	1560 м^2	20	0,122	--	0,122
4	32-х кв. ж/б	1560 м^2	20	0,122	--	0,122
5	48-ми кв. ж/б	1310м^3	20	0,105	--	0,105
6	48-ми кв. ж/б	1310 м^2	20	0,105	--	0,105
7	Аптека	310м^2	20	0,005	--	0,005
8	Дитсадок	3896м^3	22	0,074	0,020	0,094
9	Корпус електрозв'язку районного вузла зв'язку	2160 м^3	20	0,037	0,019	0,056
						Σ=0,853

1.5 Визначення теплових навантажень на гаряче водопостачання

Розрахункове середнє теплове навантаження на потреби гарячого водопостачання для будівель житлового та громадського призначення запишемо у вигляді розрахункової залежності:

$$Q'_{o\,mid} = q_h \times m, \quad (1.6)$$

де $q_h -$ укрупнений показник середнього теплового потоку гарячого водопостачання на 1 людину.

Максимальні теплові навантаження, що потрібні для розрахунку трубопроводів систем гарячого водопостачання знайдемо за залежністю:

$$Q'_{h\,max} = 2.4 \times Q'_{o\,mid}. \quad (1.7)$$

Таблиця 1.4– Теплові навантаження на гаряче водопостачання будівель житлового мікрорайону

№	Назва будівлі	m, чел	q_h, Вт/ч чол	b, л/доба	Q'_{hm}, Вт	Q'_{hm}, МВт	Q'_{hmax}, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	32-х кв. ж/б	75	375	--	73000	0,075	0,175
2	32-х кв. ж/б	75	375	--	73000	0,075	0,175
3	32-х кв. ж/	75	375	--	73000	0,075	0,175
4	32-х кв. ж/б	75	375	--	73000	0,075	0, 75
5	48-ми кв. ж/б	100	375	--	70000	0,07	0,165
6	48-ми кв. ж/б	100	375	--	70000	0,07	0,165
7	Аптека	25	--	85	24000	0,025	0,055
8	Дитсадок	140	--	35	17097	0,021	0,047
	Корпус зв'язку районного вузла зв'язку	40	--	50	21000	0,022	0,05
						Σ=0,508	Σ=1,182

1.6. Визначення сумарних теплових навантажень по будівлях

З метою розрахунку необхідної потужності джерела теплопостачання для різних періодів року проведемо визначення сумарних теплових навантажень, які є базовою основою для побудови графіка годинних теплових навантажень.

Обчислення проводимо для зимового, перехідного та літнього режимів роботи та зводимо результати до таблиці 1.5.

У зимовому режимі:

$$Q_{\Sigma} = Q_o + Q_v + Q_{hm.} \quad (1.8)$$

У перехідному режимі:

$$Q_{\Sigma}{}^{8} = Q_o{}^{8} + Q_v{}^{8} + Q_{hm}. \quad (1.9)$$

У літньому режимі:

$$Q_{\Sigma}{}^{s} = Q_{hmax}{}^{s}. \quad (1.10)$$

Якщо навантаження на опалення та вентиляції покриваються з системи Т1 та Т2 окремо та незалежно від інших видів споживання, то це навантаження дорівнюватиме:

$$Q_{ov} = Q_o + Q_{v.} \quad (1.11)$$

Таблиця 1.5 – Результати визначення сумарних теплових навантажень

№	Назва будівлі	$Q_{o\,max}$, МВт	$Q_{v\,max}$, МВт	ΣQ , МВт	$Q_{h\,max}$, МВт	$Q'_{h\,max}$, МВт
1	2	3	4	5	6	7
1	32-х кв. ж/б	0, 3	--	0,136	0,192	0,08
2	32-х кв. ж/б	0,136	--	0,136	0,192	0,08
3	32-х кв. ж/б	0,136	-	0,136	0,192	0,08
4	32-х кв. ж/б	0,136	--	0,136	0,192	0,08
5	48-ми кв. ж/б	0,116	--	0,116	0,184	0,077
6	48-ми кв. ж/б	0,116	--	0,116	0,184	0,077
7	Аптека	0,007	0, 1	0,024	0,063	0,026
8	Дитсадок	0,084	0,024	0,108	0,053	0,022
9	Корпус зв'язку райо ного вузла зв'язку	0,043	0,02	0,063	0,052	0,023
Разом		Σ=0,91	Σ=0,061	Σ=0,97	Σ=1,308	Σ=0,547

1.7. Температурний графік регулювання відпущення тепла споживачам

Температурний графік регулювання відпуску теплоти використовується як основний робочий графік для визначення температурних показників теплоносія в подавальній і зворотній магістралях теплової мережі та системи опалення залежно від температури зовнішнього повітря. Розрахунки виконуються з урахуванням відносного теплового навантаження на опалення за розрахунковими формулами:

$$\tau_{1t} = t_{im} + (\tau_{\text{п}} - t_{im}) + (\tau_1 - \tau_{\text{п}}); \quad (1.12)$$

$$\tau_{2t} = \tau_{1t} - (\tau_1 - \tau_2); \quad (1.13)$$

$$\tau_{11t} = \tau_{1t} - (\tau_1 - \tau_{11}); \quad (1.14)$$

де $\tau_1, \tau_2 -$ температури теплоносія відповідно в подавальній та зворотній магістралях теплової мережі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (t_0), °С;

τ_{11} –температура теплоносія в подавальній магістралі системи опалення при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (t_0), °С;

t_{im} –середня розрахункова температура внутрішнього повітря будівель, що приєднані до теплової мережі, яка приймається рівною 20 °С.

Відносне теплове навантаження на опалення визначається за формулою 1.15:

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_{im} - t_з}{t_{im} - t_0}, \quad (1.15)$$

де $\bar{Q}_0 -$ відносне теплове навантаження на опалення.

Розрахункова температура теплоносія в опалювальних приладах обчислюється за формулою (1.16) та має вигляд:

$$\tau_{\text{п}} = \frac{(\tau_{11} + \tau_2)}{2} = \frac{(95+60)}{2} = 77.5℃, \quad (1.16)$$

де $\tau_{\text{п}} -$ розрахункова температура теплоносія в опалювальних приладах,°С.

Результати отриманих розрахунків зводимо до таблиці 1.7.

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку температур теплоносія за температурним графіком регулювання відпуску теплової енергії споживачам.

Показник	Температури теплоносія, °С.							
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	t_o^p =-24 °С
Температура теплоносія в подавальній магістралі теплової мережі τ_{1t}, °С	49,75	58,01	71,14	3,89	96,32	1 8,55	120,52	130
Температура теплоносія у зворотній магістралі теплової мережі τ_{2t}, °С	35,47	39,41	45,40	51,01	56,30	61,39	66,22	70
Температура теплоносія в подавальній магістралі системи опалення τ_{11t}, °С	41,42	47,16	56,13	64,71	7 ,98	81,04	88 85	95

Температура зовнішнього повітря з температурним показником $t_3 = -10°C$ носить назву точка зрізу температурного графіку регулювання відпуску теплової енергії споживачам, оскільки після неї температура теплоносія залишається сталою, при цьому температура води в мережі згідно з [6] повинна бути не нижче ніж 50°С і не вище ніж 75°С на межі внутрішньобудинкових систем багатоквартирного будинку та інженерно-технічних систем приміщення споживача та не нижче ніж 55°С і не вище ніж 75°С на межі централізованих інженерно-технічних систем постачання послуги виконавця та внутрішньобудинкових систем багатоквартирного будинку.

1.8 Визначення розрахункових витрат теплоносія.

З метою проведення гідравлічних розрахунків проведемо визначення розрахункових витрат теплоносія, до яких належать витрати нагрітої води на потреби опалення і вентиляції з температурними показниками (Т1,Т2), а також витрати гарячої води на потреби господарсько-побутового призначення (Т3,Т4).

З цих міркувань, перед виконанням розрахунків приймаємо, що навантаження ГВП забезпечується за рахунок окремої мережі від системи гарячого водопостачання, яка складається з подавального (Т3) та циркуляційного (Т4) трубопроводів, тобто підігрів гарячої води відбувається безпосередньо на джерелі теплопостачання і її транспортування відбувається цими двома трубопроводами.

Визначимо окремо для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

✓ розрахункові витрати водяного теплоносія G_0 на опалення в мережі Т1–Т2:

$$G_0 = 106 \times Q_0/[c \times (\tau_1 - \tau_2)] = 236 \times Q_0/(\tau_1 - \tau_2); \quad (1.17)$$

✓ розрахункові витрати водяного теплоносія G_v на вентиляцію:

$$G_v = 106 \times Q_v/[c \times (\tau_1 - \tau_2)] = 236 \times Q_v/(\tau_1 - \tau_2); \quad (1.18)$$

де Q_0– розрахункові навантаження на опалення, кВт;

Q_v– розрахункові навантаження на вентиляцію, кВт;

τ_1 –розрахункова температура водяного теплоносія у подавальній магістралі теплової мережі, ˚С;

τ_2 –розрахункова температура теплоносія у зворотній магістралі теплової мережі, ˚С;

c– теплоємність теплоносія, Дж/(кг × ˚С).

✓ розрахункові максимальні витрати гарячої води у мережі Т3-Т4, у кг/с:

$$G_{hw} = 106 \times \frac{Q_{hmax}}{[c \times (t_h - t_c)]} = 236 \times \frac{Q_{hmax}}{t_h - t_c}, \quad (1.19)$$

де t_h – температурні показники гарячої води,˚С;

t_c – температурні показники холодної води з водопроводу,˚С.

Далі проводимо розрахунки сумарних витрат води у водяній тепловій мережі Т1, Т2 за розрахунковою залежністю $G_{T1,T2} = G_0 + G_v$ та зводимо отримані результати розрахунків у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7– Розрахункові витрати теплоносія

№ п/п	Назва будівлі	$\Delta t = \tau^p_1 - \tau^p_2 = 95-70 = 25\ ^oC$	Опалення		Вентиляція		Сумарна витрата $G = G_o + G_v$
			Q_o^{max}	G_o	Q_v^{max}	G_v	
1	32-х кв. ж/б	25	136030	4,67	--	--	4,67
2	32-х кв. ж/б	25	136030	4,67	--	--	4,67
3	32-х кв. ж/б	5	13 03 0	4,67	--	--	4,67

Продовження таблиці 1.7

4	32-х кв. ж/б	25	136030	4,67	--	--	4,67
5	48-ми кв. ж/б	25	116250	4,1	--	--	4.1
6	48-ми кв. ж/б	25	116 5 0	4,1	--	--	4.1
7	Аптека	25	7000	0,25	17000	0,58	0,82
8	Дитсадок	25	84000	2, 9	24000	0,83	3,2
9	Корпус зв'язку районного вузла зв'язку	25	43150	1,48	19890	0,68	2,16

1.9Гідравлічні розрахунки водяних теплових мереж

1.9.1. Гідравлічні розрахунки системи теплопостачання житлового мікрорайону

Гідравлічний розрахунок теплової мережі (табл. 1.8) починають із вибору основного розрахункового напрямку – від джерела тепла до найбільш віддаленого споживача.

У випадку спрощеного інженерного розрахунку водяних теплових мереж втрати тиску на будь-якій ділянці знаходять за формулою:

$$\Delta P = Rl(1 + \alpha_1) = R(l + l_{екв}) = Rl_{прив}, \quad (1.20)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, віднесені до довжини трубопроводу, Па/м;

l – фізична довжина розрахункової ділянки, м;

α_1– коефіцієнт, що відображає долю втрат на місцеві опори розрахункової ділянки від втрат тиску на тертя.

leкв –еквівалентна довжина розрахункової ділянки, яка відображає розмір такої уявної додаткової ділянки, м;

$l_{прив}$ –приведена довжина розрахункової ділянки, яка дорівнює сумі фактичної та еквівалентної довжин:

$$l_{прив} = l + l_e \text{ , м.} \quad (1.21)$$

Втрати тиску на ділянках мережі визначаються з урахуванням втрат на тертя та місцеві опори. Під час вибору діаметрів трубопроводів питомі втрати тиску не повинні перевищувати 80 Па/м для магістралей і 300 Па/м для відгалужень. Швидкість руху теплоносія рекомендується підтримувати в межах 0,2–3,5 м/с.

Для переведення втрат тиску у втрати напору використовують коефіцієнт перерахунку, який враховує густину води та прискорення вільного падіння:

$$kH = \frac{1}{(917 \times 9{,}807)} = 1{,}112 \times 10^4, \quad (1.22)$$

далі формула перерахунку набуде вигляд:

$$\Delta H = kH \times \Delta P. \quad (1.23)$$

Таблиця 1.8– Гідравлічний розрахунок водяної теплової мережі

№ п/п	Витрата води, G, т/ч	$D_h \times S$, мм	Довжина ділянки			Швидкість води V, м/с	Втрати тиску			При-мітка
			L_1,м	$L_c=L\times\alpha$,м	$L_{1=}$ L+1, м		R_g, кгс/м^2	$\Delta P= R_{g\times}\times L_1$, кгс/м^2	$\Sigma\Delta P$, кгс/м^2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Головна розрахункова магістраль 1-2-3-4-5-6-7-8										
1-2	28,75	159х4.0	3.4	10,05	43,56	0,47	1.96	86,65	1283.05	α=0,3
2-3	24,75	133х4,0	35,1	10,5	45,57	0,58	3,85	176,08	1196,5	α=0,3
3-4	20,07	108х4,0	31,3	9,4	40,31	0,75	8,1	322,5	1020,32	α=0,3
4-5	15,39	108х4,0	18,9	5,7	24,72	0,56	4,85	120,05	697,90	α=0,3
5-6	11,37	89х3,0	19,6	5,86	25,34	0,64	7,4	190,12	577,86	α=0,3
6-7	5,86	76х3,0	32,0	9,9	42,91	0,48	5,21	223,95	387,75	α=0,3
7-8	3,71	76х3,0	60,	18,1	78,0	0,28	2,11	163,4	163,9	α=0,3
Відгалуження										
2-9	4,1	76х3,0	86,6	25,96	112,44	0,32	2,31	262,01	262,01	α=0,3
3-10	4,58	76х3,	12,1	3,6	15,7	0,36	3,30	51,49	51,49	α=0,3
3- 1	4,58	76х3,0	48,9	14,8	63,8	0,36	3,3	210,22	210,22	α=0,3
4-12	4,58	76х3,0	12,9	3,8	16,8	0,36	3,3	55,76	55,76	α=0,3
5-13	4,1	76х3,0	18,1	5,5	23,5	0,32	2,32	54,53	54,53	α=0,3
6-14	5,5	76х3,0	19,2	5,6	24,1	0,42	4,55	112,11	112,11	α=0,3
7-15	2,17	57х3,0	46,3	13,9	59,7	0,31	3,68	220,68	220,68	α=0,3

1.9.2 Гідравлічні розрахунки системи гарячого водопостачання

Методика розрахунку циркуляційного трубопроводу системи ГВП (табл. 1.9) аналогічний з розрахунками водяної мережі системи теплопостачання, проте основна відмінність розрахунку полягає у прийнятті більшого коефіцієнта, який дорівнює шорсткості внутрішньої поверхні чорних сталевих труб, які є характерними саме для систем ГВП.

Проте вибір такого коефіцієнту зумовлює збільшення гідравлічного опору та, відповідно, призводить до питомих втрат тиску. Під час розрахунків використовуємо номограми, основним призначенням яких є розрахунок водяних теплових мереж, і визначаємо фактичні питомі втрати тиску в мережі ГВП за розрахунковою залежністю:

$$R_{\text{г}} = R_{\text{в}} \cdot (\rho_{\text{в}} \cdot k_{\text{е}_{\text{г}}}^{0,25}) / (\rho_{\text{г}} \cdot k_{\text{е}_{\text{в}}}^{0,25}) = 1{,}115 R_{\text{в}}, \qquad (1.24)$$

де $R_{\text{г}}$– питомі втрати тиску в мережі гарячого водопостачання, Па/м;

$R_{\text{в}}$ – питомі втрати тиску у водяній тепловій мережі, Па/м;

$\rho_{\text{в}}, \rho_{г}$ –густина теплоносія у водяній тепловій мережі та гарячої води відповідно, кг/м^3;

$k_{\text{ег}}$, $k_{\text{ев}}$ – коефіцієнти еквівалентної шорсткості внутрішніх поверхонь сталевих трубопроводів мереж гарячого водопостачання та водяних теплових мереж відповідно, мм.

Таблиця 1.9 – Гідравлічний розрахунок мережі гарячого водопостачання

№ п/п	Витрата теплоносія, G_{T3}, G_{T4} т/год	Параметри трубопроводу		Довжина розрахункової ділянки трубопроводу			Швидкість течії теплоносія на ділянці V, м/с	Втрата тиску		Сумарні втрати тиску
		Умовний прохід d_y, мм	$D_h \times S$, мм	Згідно з планом L, м	Еквівалентна $L_o = L \times \alpha$, м	$L^1 = L + L$, м		Питомі втрати тиску R_{yS}, кгс/пм×м^2	Втрати тиску на ділянці $\Delta P = R_{yS} \times L^1$, кгс/пм×м^2	
Розрахункова магістраль										
1-2	18,67 4,68	100 70	114×4.5 75.5×4.0	3,4	10,04	43,54	0,68 0,37	7,07 3,2	307,7 139,4	1,12 0,64
2-3	16,04 4,02	100 70	114×4.5 75.5×4.0	36	10,6	45,6	0,59 0,31	5,17 2,33	235,2 06,0	0,81 0,5
3-4	10,54 2,64	80 50	88.5×4.0 60.0×3.5	30	9,2	40,2	0,58 0,39	6,38 5,67	257,1 228,5	0,58 0,39
4-5	7,79 1,95	80 50	88.5×4.0 60.0×3.5	18	5,6	24,6	0,44 0,29	3,7 3,1	91,4 76,6	0,32 0,17

5-6	5,16 1,29	70 50	75.5×4.0 60.0×3.5	19,4	5,86	25,34	0,4 0,19	3,91 1,44	99,5 36,5	0,22 0,09
6-7	1,51 0,38	50 50	60×3.5 60×3.5	32	9,8	42,2	0,23 0,13	2,01 ,7	85,3 29,6	0,12 0,05
7-8	0,76 0,19	50 50	60×3.5 60×3.5	60	19	79	0,11 0,10	0,56 0,30	44,4 23,4	0,06 0,02
Відгалуження										
2-9	2,63 0,66	50 25	60×3.5 33.5×3.2	86,4	25,96	112,46	0.40 0.35	5.87 10.7	661.1 1203.2	0.65 1.203
3-10	2.75 0.6	50 25	60×3.5 33.5×3.2	12	3,5	15,7	0.40 0.35	6.31 10.7	98.7 167.0	0.11 0.17
3-11	2.75 0.69	50 25	60×3.5 33.5×3.2	48	14.5	63.6	0.40 0.35	6.31 10.7	402.5 682.0	0.4 0.68
4-12	2.75 0.69	50 25	60×3.5 33.5×3.2	14	3.8	16.8	0.40 0.35	6.31 10.7	106.9 181.0	0.12 0.18
5-13	2.63 0.66	50 32	60×3.5 42.5×3.2	17	5.5	23.3	0.4 0.24	5.87 3.7	137.5 86.6	0.13 0.09
6-14	3.65 0.91	70 40	75.5×4.0 48.0×3.5	19	5.6	24.8	0.28 0.21	2.02 2.22	49.8 54.8	0.05 0.05
7-15	0.75 0.19	50 50	60×3.5 60×3.5	45	13.7	59.7	0.11 0.1	0.56 0.3	34.2 17.9	0.03 0.02

1.10 Конструювання теплової мережі

Конфігурація теплової мережі, кількість трубопроводів та спосіб їх прокладання визначаються величиною і структурою теплових навантажень споживачів, а також їх просторовим розташуванням відносно джерела теплопостачання.

Теплові навантаження систем опалення та вентиляції, як правило, забезпечуються двотрубною водяною тепловою мережею з подавальним і зворотним трубопроводами (Т1 і Т2). Для забезпечення потреб гарячого водопостачання передбачається окрема двотрубна мережа, що складається з розподільного та циркуляційного трубопроводів (Т3 і Т4).

Для закритих систем теплопостачання централізоване приготування гарячої води на джерелі теплоти з подальшим її транспортуванням до споживачів окремими трубопроводами є більш економічно ефективним рішенням порівняно з використанням індивідуальних водопідігрівачів у кожній будівлі. При виборі схеми гарячого водопостачання також необхідно враховувати якість водопровідної води. За підвищеної жорсткості води доцільно мінімізувати протяжність трубопроводів мережі гарячого водопостачання з метою зменшення інтенсивності утворення відкладень на внутрішніх поверхнях труб.

Під час розроблення трасування теплових мереж необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Магістральні трубопроводи різних систем теплопостачання слід прокладати сумісно з підключенням до спільних теплових вводів споживачів.
2. Траси теплових мереж необхідно проектувати за найкоротшими можливими напрямками для забезпечення мінімальної сумарної довжини трубопроводів і зниження капітальних та експлуатаційних витрат.
3. Кількість перетинів із підземними інженерними комунікаціями, а також число відгалужень від магістральних мереж повинні бути мінімальними.
4. Прокладання транзитних теплопроводів через території закладів дошкільної та загальної середньої освіти не допускається.
5. При виборі напрямку прокладання теплотраси та визначенні положення її осі необхідно враховувати існуючі та перспективні інженерні мережі, особливості планування території, умови забудови та вимоги нормативних документів щодо взаємного розташування підземних комунікацій.

1.11 Вибір способу прокладання мережі

Вибір способу прокладання теплових мереж здійснюється з урахуванням інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов місця будівництва, зокрема характеристик ґрунтів, рівня залягання ґрунтових вод та ступеня їх агресивного впливу на будівельні конструкції й металеві елементи трубопроводів. Також при виборі способу прокладання необхідно врахувати ступінь важливості та вартості земельної ділянки з точки зору її забудови, функціонального призначення та можливих наслідків після проведення будівельних робіт, транспортне навантаження, технічний стан і конструктивні особливості трубопроводів, їх призначення, кількість, діаметри, а також параметри теплоносія.

При безканальному прокладанні теплових мереж (рис.1.2) допускається сумісне розміщення трубопроводів в одній траншеї з мережами водопостачання, каналізації та газопроводами низького тиску до 0,3 МПа (3 кгс/см²) включно.

Рисунок 1.2 – Існуюча магістральна теплова мережа діаметром 820 мм перед заміною її на нову попередньо ізольовану [2]

Таке рішення забезпечує раціональне використання підземного простору та дозволяє зменшити обсяги земляних робіт на 35–40 % порівняно з роздільним прокладанням інженерних комунікацій.

Згідно з вимогами [7] у межах населених пунктів теплові мережі доцільно прокладати в межах технічних зон, розташованих поза проїзною частиною вулиць та ділянками озеленення. Траси теплопроводів, як правило, розміщують паралельно головним вулицям, автомобільним дорогам і проїздам, а в межах житлових кварталів і мікрорайонів — поза межами внутрішньоквартальних проїздів.

Не рекомендується прокладати теплові мережі в безпосередній близькості до трамвайних колій, уздовж ліній електропостачання, а також поряд з залізницями через можливість виникнення блукаючих струмів та ускладнення експлуатації мереж.

У кварталах і мікрорайонах за сприятливого планувального рішення забудови ефективним є прокладання теплових мереж через підвали, технічні підпілля та інші технічні приміщення будівель, а також у спеціальних з'єднувальних каналах між ними. Особливо доцільним таке рішення є при сумісному розміщенні декількох інженерних комунікацій.

За неможливості використання внутрішньобудинкового або міжбудинкового прокладання вибір здійснюється між прокладанням трубопроводів у непрохідних каналах та безканальним способом. Практика проєктування свідчить, що суміщене прокладання інженерних мереж є більш економічно доцільним порівняно з роздільним. При розміщенні мереж в одній траншеї вартість будівництва зменшується орієнтовно на 10 %, а при прокладанні в спільному каналі — до 20 %.

Траси теплових мереж у межах житлової забудови зазвичай прокладають паралельно будівлям уздовж внутрішньоквартальних проїздів із дотриманням нормативних відстаней до фундаментів споруд, які, як правило, становлять 10–12 м.

Прокладання теплових мереж у непрохідних каналах (рис.1.3) доцільно застосовувати за відносно невеликої кількості трубопроводів, коли сумарний діаметр труб не перевищує 2000 мм. У разі збільшення кількості трубопроводів або перевищення зазначеного значення сумарного діаметра більш економічно обґрунтованим є використання прохідних тунелів (рис.1.4), які забезпечують кращі умови експлуатації та технічного обслуговування мереж.

Під час вибору траси теплової мережі необхідно дотримуватися нормативних вимог щодо мінімально допустимих горизонтальних і вертикальних відстаней від зовнішніх поверхонь будівельних конструкцій теплопроводів до будівель, споруд та інших підземних інженерних комунікацій. При цьому слід враховувати конструктивні елементи будівель, зокрема ніші, приямки та інші виступаючі частини, розташовані в напрямку прокладання траси.

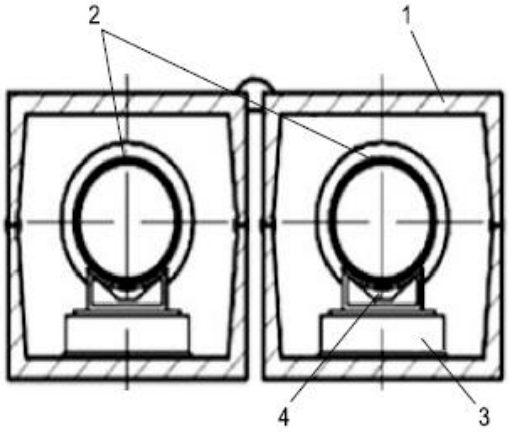

Рисунок 1.3– Прокладка теплових мереж у непрохідних каналах:
1 – залізобетонний лотковий елемент;
2 – трубопроводи теплової мережі;
3 – опорна подушка, 4 – ковзаючі опори [2]

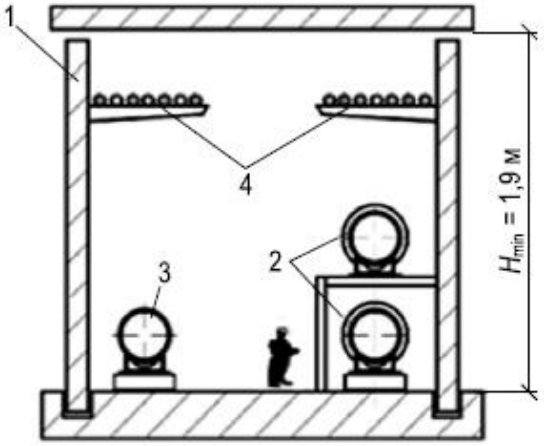

Рисунок 1.4 – Прокладка теплових мереж у прохідному каналі:
1 – конструкція каналу;
2 – теплова мережа; 3 – водопровід;
4 – кабелі зв’язку

З урахуванням інженерно-планувальних умов території для теплової мережі прийнято підземний спосіб прокладання. Магістральні трубопроводи передбачено прокладати безканальним способом із застосуванням попередньо ізольованих труб, тоді як відгалуження до окремих споживачів виконуються в непрохідних залізобетонних каналах.

Зазначене технічне рішення застосовується для більшої частини теплової мережі. Виняток становлять ділянки теплотраси, що проходять поблизу закладу дошкільної освіти та загальноосвітнього навчального закладу. На цих ділянках з метою підвищення експлуатаційної надійності та безпеки передбачено підземне прокладання трубопроводів виключно в монолітних залізобетонних каналах.

1.12 Розроблення поздовжнього профілю теплової мережі

Відповідно до вимог [7] головним завданням поздовжнього профілю теплової мережі є встановлення проєктних відміток трубопроводів, вибору раціональних способів їх прокладання та забезпечення нормативних відстаней до інженерних мереж і споруд. При його розробленні враховуються особливості рельєфу, транспортної інфраструктури та місця перетину теплотраси з іншими підземними й надземними комунікаціями, які зустрічаються при прокладання теплотраси.

Поздовжній профіль теплової мережі дає змогу визначити необхідні ухили трубопроводів, а також обґрунтувати розташування пристроїв для відведення повітря та злиття теплоносія у системі при аварійно-ремонтних роботах та інших нештатних ситуаціях. З метою забезпечення повного видалення теплоносія дренажні пристрої розміщують у найнижчих точках траси, а повітровідвідні пристрої — у найвищих. Це сприяє ефективному заповненню трубопроводів теплоносієм після проведення робіт ремонтно - профілактичного характеру, а також запобігає накопиченню повітря в мережі та утворенню повітряних пробок.

Поздовжній профіль теплової мережі будують у вигляді розгорнутого зображення траси вздовж її осі у горизонтальному масштабі 1:500 або 1:1000 і у вертикальному 1:50 чи 1:100 у наступній послідовності:

1. Ділянка – визначення ділянки відведеної для прокладання теплотраси для якої необхідно виконати побудову поздовжнього профілю.
2. Прокладання – відповідно до інженерно-геологічних умов району будівництва, особливостей місцевої забудови та вимог нормативних документів обирається спосіб прокладання теплотраси;
3. Масштаби – з урахуванням протяжності теплотраси та перепаду висот рельєфу місцевості здійснюється масштабування повздовжнього профілю;
4. Координатна сітка – будується на основі генерального плану або розрахункової схеми теплової мережі, при цьому ширину окремих граф приймають пропорційною довжині відповідних ділянок трубопроводів в одному з масштабів, наведених зверху.

5. Розгорнутий план – відбувається нанесення розгорнутого плану теплотраси із зазначенням напрямку прокладання та поворотами траси, які умовно розкривають до прямолінійного положення для забезпечення наочності профілю.
6. Існуючий профіль поверхні землі – на підставі проведеного топографічного дослідження та геодезичних вишукувань будується існуючий профіль поверхні землі з відкладанням на відповідних вертикалях відмітки характерних точок рельєфу вздовж осі теплотраси.
7. Планування траси – за потреби відбувається коригування, яке обумовлене забезпеченням нормативних ухилів трубопроводів, дотриманням мінімальних глибин закладання або узгодженням з іншими інженерними комунікаціями. У таблиці повздовжнього профілю ці проектні відмітки заносяться до відповідного рядка.
8. Інженерні комунікації та споруди вздовж напрямок будівництва – наносяться усі інженерні комунікації та споруди, що перетинаються з трасою теплової мережі, при цьому перетини відображаються у вигляді поперечних розрізів із зазначенням їхнього висотного положення та прив’язки до характерних точок теплотраси.
9. Висотні відмітки елементів теплотраси – після вибору конструктивних рішень щодо нерухомих і рухомих опор, а також каналів (для надземного або підземного канального прокладання) визначають висотні відмітки елементів теплової мережі з послідовним розрахунком від точок, які визначаються відповідно до нормативних вимог, або задані конструктивними обмеженнями або відомі за вихідними даними.
10. Повздовжні ухили по напрямку будівництва визначаються за розрахунковою залежністю

$$N_{\text{від}} = 1000\,(h_{\text{поч}} - h_{\text{кін}})/l_{\text{від}}, \qquad (1.25)$$

де $h_{\text{поч}}, h_{\text{кін}}$ – познаки початкового та кінцевого вузлів відрізка теплотраси на профілі, м;

$l_{\text{від}}$ – довжина цього відрізка, м.

1.13 Розрахунок компенсаторів.

Для сприйняття та компенсації температурних деформацій, що можуть виникати внаслідок теплового подовження або скорочення трубопроводів під час зміни температури теплоносія встановлюються компенсатори (рис.1.5). Необхідність встановлення компенсаторів, їх тип, кількість та місця розташування визначаються проєктними рішеннями з урахуванням умов експлуатації мережі.

У даному проєкті компенсація температурних деформацій трубопроводів передбачається за рахунок існуючих кутів повороту траси, що забезпечують сприйняття теплових подовжень без встановлення додаткових компенсаційних пристроїв.

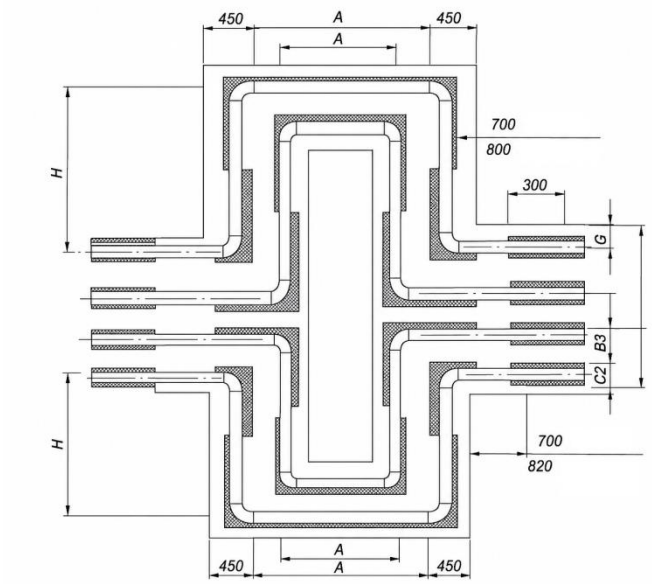

Рисунок 1.5 – П-подібний компенсатор теплової мережі

Для теплоізоляції компенсаційних ділянок трубопроводів передбачається застосування бітумоперлітової теплоізоляційної маси, яку наносять безпосередньо на місці виконання будівельно-монтажних робіт. З цією метою навколо трубопроводів установлюють збірну металеву опалубку, у яку заливають розплавлену бітумоперлітову суміш.

У місцях можливих температурних переміщень трубопроводів проєктом передбачено влаштування плавких вставок із пінополістиролу, які забезпечують вільне поздовжнє переміщення труб під час температурних деформацій.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт компенсаційні кути необхідно виконувати за технологією безканальної прокладки трубопроводів із застосуванням бітумоперлітової ізоляції, що заливається в опалубку, та плавких пінополістирольних вставок у зонах компенсації температурних подовжень.

1.14 Підбір опор

У теплових мережах використовують два основні типи опор: рухомі та нерухомі основне призначення яких полягає у сприйнятті навантажень, що виникають у трубопроводах під час їх експлуатації та передачі цих навантажень на будівельні конструкції або основу.

Рухомі опори забезпечують підтримку трубопроводів і сприймають їх власну вагу разом із вагою теплоносія, одночасно дозволяючи трубам вільно переміщуватися під дією температурних деформацій. Це запобігає виникненню додаткових напружень у трубопроводі та виключає безпосередній контакт труби з несучими конструкціями.

Рисунок 1.6– Рухома хомутова опора [2]

Залежно від конструктивного виконання рухомі опори поділяються на *ковзні, підвісні та роликов*і. Для попередньо ізольованих трубопроводів переважно застосовують рухомі опори хомутового типу (рис. 1.6), які забезпечують надійне кріплення труб та їх безперешкодне поздовжнє переміщення.

У роботі передбачено встановлення рухомих опор хомутового типу по всій довжині трубопроводів з кроком 5 м оскільки таке розташування опор забезпечить надійне підтримання трубопроводів і створить умови для їх вільного поздовжнього переміщення під впливом температурних деформацій.

Нерухомі опори призначені для жорсткої фіксації трубопроводів у визначених точках траси. Вони поділяють теплову мережу на окремі ділянки, незалежні за температурними переміщеннями, та сприймають осьові зусилля, що виникають унаслідок теплового подовження трубопроводів. Завдяки цьому запобігається передача надмірних навантажень на обладнання, арматуру та інші елементи теплової мережі.

Для попередньо ізольованих трубопроводів застосовуються спеціальні щитові нерухомі опори із заводською теплоізоляцією ділянок труб, що забезпечують надійну фіксацію трубопроводу та збереження цілісності теплоізоляційного шару (рис. 1.7).

Рисунок 1.7– Нерухома опора [2]

При монтажних роботах щити нерухомих опор кріпляться до несучих металевих або бетонних конструкцій і у разі прокладання трубопроводів у лотках у місцях кріплення передбачають отвори для відведення води. Крім того, нерухомі опори можуть встановлюватися на вводах у будівлі, у місцях встановлення арматури та в інших точках теплової мережі відповідно до розрахунків. Даною роботою передбачено встановлення нерухомих опор у місцях, зазначених на монтажній схемі.

1.15Центральний тепловий пункт

Джерелом теплопостачання систем опалення та гарячого водопостачання житлових будівель житлового мікрорайону є центральний тепловий пункт (ЦТП). Відповідно до генерального плану забудови ЦТП розташований на східній околиці мікрорайону.

На вводах подавального та зворотного трубопроводів систем опалення і гарячого водопостачання встановлюються запірні засувки з електроприводом.

На подавальному трубопроводі передбачаються грязьовик, вимірювальна діафрагма та автоматичний регулятор температури, який забезпечує підтримання необхідної температури теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря, а також обмежує його максимальну витрату.

На зворотному трубопроводі встановлюються грязьовик для очищення теплоносія після проходження системи, вимірювальна діафрагма, регулятор підпору та лічильник витрати води.

Підтримання заданої температури гарячої води здійснюється автоматичним регулятором температури. Облік витрати гарячої води виконується за допомогою водолічильника. Для забезпечення безперервної циркуляції та підтримання нормативної температури гарячої води між водопідігрівачами передбачено циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання.

Від ЦТП до споживачів прокладаються чотири трубопроводи: подавальний і зворотний трубопроводи системи опалення, а також розподільний і циркуляційний трубопроводи системи гарячого водопостачання.

Відповідно до вихідних даних та для забезпечення надійної та економічної ефективної роботи систем теплопостачання житлового мікрорайону здійснимо підбір мережевих, циркуляційних і підживлювальних насосів:

✓ **Підбір мережевих та циркуляційних насосів**

Підбір виконуємо за двома основними параметрами: розрахунковою витратою теплоносія $G_{\text{мн}}$ та розрахунковим напором $\Delta H_{\text{мн}}$, який визначається як сума втрат напору на джерелі теплоти $\Delta H_{\text{дж}}$ у подавальному $\Delta H_{\text{под}}$ та зворотному $\Delta H_{\text{зв}}$ трубопроводах теплової мережі, а також необхідного напору в системі найвіддаленішого споживача $\Delta H_{\text{сп}}$:

$$\Delta H_{\text{мн}} = \Delta H_{\text{дж}} + \Delta H_{\text{под}} + \Delta H_{\text{зв}} + \Delta H_{\text{сп}}. \quad (1.26)$$

Розрахункова подача мережевого насоса $G_{\text{мн}}$ приймається за результатами гідравлічного розрахунку теплової мережі та відповідає максимальній витраті теплоносія на головній ділянці магістралі біля джерела теплопостачання.

✓ *для системи опалення*

$$\Delta H_{\text{мн}} = 0.3 + 0.3 + 15 = 15.6 \text{ м. вод. ст.}$$

$$G_{\text{мн}} = 14{,}9 \text{кг/м}^3.$$

За отриманими параметрами для системи опалення прийнято два мережеві насоси (робочий та резервний) марки Wilo TOP-S 80/20 3~ PN 6 [8].

✓ *для системи гарячого водопостачання:*

$$\Delta \text{Нц} = 0.4 + 2 = 2.4 \text{м. вод. ст.}$$

$$G\text{цн} = 3.2 \text{ кг/м}^3.$$

Приймаємо два циркуляційні насоси (робочий та резервний) марки Wilo Star-RS 25/7 PN 10 [8].

✓ **Підбір підживлювальних насосів**

Підбираємо також за двома основними параметрами: розрахунковим тиском теплоносія $\Delta P_{\text{пн}}$, розрахункових витрат або подачі теплоносія $G_{\text{пн}}$ та за необхідним напором $\Delta H_{\text{пн}}$, який насос повинен забезпечити, і визначається з урахуванням геодезичних відміток розташування центрального теплового пункту та найвищого споживача, а також необхідного надлишкового тиску в системі:

$$\Delta H_{\text{пн}} = H_{\text{буд}} - H_{\text{цтп}} + \Delta H_{\text{буд}} + 2 + 5, \quad (1.27)$$

де $H_{\text{буд}}$ − відмітка найвищої будівлі з урахуванням рельєфу місцевості

$H_{\text{цтп}}$ – відмітка рельєфу місцевості ЦТП

$\Delta H_{\text{буд}}$ – висота найвищої будівлі з урахуванням рельєфу місцевості

У закритих системах теплопостачання підживлювальні насоси призначені для підтримання необхідного об'єму теплоносія шляхом компенсації його нормативних та експлуатаційних втрат. Розрахункова годинна витрата підживлювальної води $G_{\text{пн}}$, $м^3/год$, визначається виходячи з нормативної величини втрат теплоносія та приймається на рівні 0,75 % від сумарного об'єму води, що міститься в трубопроводах теплової мережі та підключених до неї системах опалення і вентиляції будівель:

$$G_{\text{пн}} = 40 \div 43 \cdot 0{,}75 \cdot 10 - 2 \cdot \Sigma Q. \quad (1.28)$$

де ΣQ – сумарне теплове навантаження системи теплопостачання, кВт.

Розрахункова годинна витрата підживлювальної води для нормального режиму експлуатації системи визначається за наведеним вище співвідношенням і становить:

$$G_{\text{пн}} = 0{,}3225 \cdot (0{,}82 + 0{,}05 + 0{,}82) = 0{,}55 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (1.29)$$

Для закритих систем теплопостачання на джерелі теплопостачання необхідно передбачати резервну витрату води на аварійне підживлення теплової мережі, яке призначене для компенсації можливих втрат теплоносія у випадку пошкодження елементів системи, виникнення аварійних витоків або виконання невідкладних ремонтних робіт:

$$G\text{па} = 1{,}5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Підбираємо підживлювальний високо напірний відцентровий насос виробника Wilo MHI 803-1/E/3-400-50-2. [8].

Висновки до розділу

На підставі отриманих вихідних даних було виконано визначення розрахункових теплових навантажень споживачів теплової енергії та проведено розрахунки теплових навантажень на системи ОВ і ГВП, а також визначено сумарні теплові навантаження для будівель житлового мікрорайону.

Також на основі отриманих результатів прийнято температурний графік регулювання відпуску теплової енергії, що забезпечує необхідний тепловий режим роботи систем теплопостачання та виконано визначення розрахункових витрат теплоносія й проведено гідравлічні розрахунки водяних теплових мереж та для мереж гарячого водопостачання, що дозволило встановити необхідні параметри руху теплоносія та підібрати відповідні діаметри трубопроводів.

У результаті конструювання теплової мережі у розділі було обґрунтовано технічні рішення щодо її конфігурації та виконано вибір способу прокладання мережі з урахуванням умов експлуатації, надійності та економічної доцільності. Проведені розрахунки опор та компенсаторів, підібрано обладнання для ЦТП.

РОЗДІЛ 2.

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З БУДІВНИЦТВА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Загальні положення та організація виконання робіт на законодавчому рівні

Правильна організація виконання робіт будівельно-монтажного призначення набуває особливого значення під час будівництва або реконструкції систем теплопостачання у житлових мікрорайонах, оскільки від якості виконання монтажу трубопроводів, теплових пунктів, запірної арматури та іншого обладнання залежить надійність і ефективність функціонування системи. Тому процес виконання робіт повинен базуватися на сучасних технологічних рішеннях, чіткому плануванні виробничих процесів і дотриманні вимог нормативної документації.

Усі роботи виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів, правил охорони праці, пожежної безпеки та затверджених технологічних регламентів.

Проєктом передбачається будівництво та монтаж теплових мереж, встановлення теплового пункту, насосного обладнання, запірно-регулювальної арматури, приладів обліку теплової енергії, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.

Під час виконання робіт необхідно забезпечити дотримання технології монтажу, належну якість будівельно-монтажних робіт, а також виконання вимог щодо безпечної експлуатації елементів системи теплопостачання. Усі роботи повинні проводитися з дотриманням встановленої технологічної послідовності, що гарантуватиме надійність та ефективність функціонування системи теплопостачання після введення її в експлуатацію.

Планування та організація будівництва повинні здійснюватися з урахуванням конкретних умов будівельного майданчика, транспортної доступності об'єкта, наявності діючих інженерних комунікацій і особливостей навколишньої забудови. Важливо перед початком виконання земляних робіт провести обстеження території з метою уточнення трасування підземних інженерних комунікацій з метою запобігання їх пошкодженню під час виконання робіт.

Всі технологічні операції мають виконуватися спеціалізованими організаціями з відповідною кваліфікацією та необхідними технічними та матеріальними ресурсами, а матеріали, вироби й обладнання, що будуть використовуватися у процесі будівництва системи теплопостачання повинні відповідати встановленим стандартам якості та безпеки.

Одним з вагомих нормативних документів, згідно з вимогами якого регламентується порядок виконання робіт під час нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту та технічного переоснащення будівель і споруд різного призначення є [9], загальні положення якого щодо планування, організації та контролю будівельних процесів, спрямовані на забезпечення належної якості, безпеки та ефективності виконання робіт.

Для об'єктів теплопостачання додатково застосовуються вимоги профільних нормативних документів, зокрема [10], а також нормативно-правових актів з охорони праці та пожежної безпеки, дотримання яких є обов'язковим під час виконання будівельно-монтажних робіт. Вимоги цього нормативного документа поширюються на всіх учасників будівельного процесу, включаючи замовників, проєктувальників та підрядні організації, і спрямовані на підвищення рівня організації будівництва, раціональне використання ресурсів та забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику.

2.2 Особливості прокладання трубопроводів у районі виконання робіт та випробування на герметичність і антикорозійних захист

Як згадувалося раніше, Чернігівська область характеризується помірно континентальним кліматом та холодними зимами, тому під час проєктування та прокладання трубопроводів теплових мереж у м. Чернігів необхідно враховувати місцеві природно-кліматичні, інженерно-геологічні та містобудівні умови та приділяти особливу увагу забезпеченню надійного теплового захисту трубопроводів та запобіганню їх промерзанню.

У м. Чернігові поширені піщані і супіщані ґрунти, а в окремих районах, особливо поблизу річки Десни та її заплав, спостерігається підвищений рівень ґрунтових вод.

Тому, під час будівництва теплових мереж необхідно передбачити додаткові заходи щодо захисту трубопроводів від корозії та впливу вологи, а також улаштування дренажу в місцях можливого підтоплення.

В умовах щільної міської забудови значна частина теплових мереж прокладається вздовж існуючих вулиць та проїздів і потребує врахування розташування підземних комунікацій – водопроводу, каналізації, газопроводів, кабельних мереж та мереж зв'язку. Тому з метою дотримання нормативних відстаней між теплотрасами та суміжними інженерними здійснюється відповідно до вимог [7,9], а також інших чинних нормативних документів, які регламентують розміщення інженерних мереж, забезпечення їхньої надійності, безпеки та довговічності.

Оскільки будівництво планується у щільній міській забудові то необхідно також врахувати інтенсивний транспортний рух, що вимагає застосування заходів щодо організації безпечного руху транспорту й пішоходів, а також поетапного виконання робіт із мінімальним порушенням благоустрою території.

Крім того, при новому будівництві теплових мереж, враховуючи умови місцеві умови, доцільно застосовувати попередньо ізольовані сталеві труби у пінополіуретановій ізоляції з поліетиленовою оболонкою та системою оперативного дистанційного контролю – це дозволяє суттєво знизити теплові втрати, підвищити надійність теплопостачання та скоротити експлуатаційні витрати.

Після завершення монтажних робіт, трубопроводи теплової мережі потрібно гідравлічно випробувати з метою перевірки їх міцності та герметичності. Випробування необхідно проводити під підвищеним тиском відповідно до вимог нормативних документів [7,11].

2.3 Розрахунок тривалості будівництва

Основним документом, на підставі якого визначається загальна тривалість робіт з урахуванням технологічної послідовності виконання будівельно-монтажних робіт та їх обсягів і наявних ресурсів є календарний графік. При визначенні тривалості будівельних робіт враховуються як обсяги будівельно-монтажних робіт, прийняті технологічні та організаційні рішення, забезпеченість об'єкта трудовими, матеріальними й технічними ресурсами, умови постачання матеріалів і обладнання, а також особливості будівельного майданчика так і інженерно-геологічні та природно-кліматичні умови району будівництва, рівень забудови території, наявність діючих інженерних комунікацій та можливість використання будівельних машин і механізмів.

Важливими факторами, що впливають на тривалість будівництва, є також обсяг підготовчих робіт, графік фінансування проєкту та своєчасне забезпечення об'єкта необхідними матеріально-технічними ресурсами. Раціональне поєднання наведених факторів дозволяє оптимізувати строки виконання робіт та забезпечити ефективну організацію будівельного виробництва.

Відповідно до положень [9] процес будівництва передбачає виконання підготовчого та основного періодів робіт. Підготовчий період триває орієнтовно до 0,5 місяця та включає заходи організаційного та технічного спрямування, що пов'язані з підготовкою будівельного майданчика до виконання робіт.

Основний період триватиме орієнтовно 2,5 місяці та охоплюватиме виконання всього комплексу будівельно-монтажних робіт, випробування інженерних систем на герметичність та введення об'єкта в експлуатацію. Таким чином, згідно з проектом та розрахунками загальний термін будівництва системи теплопостачання для житлового мікрорайону м. Чернігова складатиме 3 місяці.

2.4 Побудова будівельного генплану

Метою розробки будівельного генплану є раціональна організація структури буд майданчика під час виконання робіт з будівництва системи теплопостачання та відображає існуючі та проєктовані будівлі й споруди, інженерні та транспортні комунікації, а також тимчасові об'єкти, необхідні для виконання будівельно-монтажних робіт.

Основним завданням є створення умов для безпечного та ефективного виконання робіт, забезпечення безперебійного постачання матеріалів і обладнання, раціонального використання будівельної техніки та дотримання вимог охорони праці й пожежної безпеки.

Варто зазначити, що будівельний генеральний план передбачає розміщення тимчасових доріг і під'їздів, майданчиків для складування труб, арматури та інших матеріалів, місць роботи будівельних, землерийних та вантажопідіймальних машин і механізмів, а також тимчасових адміністративно-побутових приміщень. Також на плані визначаються траси тимчасових мереж для електро- та водопостачання, необхідних для забезпечення будівельного процесу.

2.5 Календарний графік

Визначена послідовність є головною умовою при розробці календарного графіку будівельно-монтажних робіт під час будівництва системи теплопостачання для житлового мікрорайону. Перш за все, на початковому етапі відбувається аналіз наявної проектної документації та вихідних даних для будівництва. Далі відбувається формування переліку усіх необхідних будівельно-монтажних процесів і визначаються їхні обсяги на підставі прийнятих проектних рішень.

Наступним кроком є вибір технології виконання будівельно-монтажних робіт, способи їх організації та основні будівельні матеріали та на основі цього виконуються розрахунки трудомісткості та потреби в будівельних машинах і механізмах, які будуть задіяні на буд майданчику при виконанні робіт з будівництва системи теплопостачання.

Завершальним етапом є формування календарного графіка, у якому відображаються всі розраховані показники та визначається загальна послідовність і строки виконання будівельно-монтажних робіт.

Крім того, з метою оцінки ефективності використання трудових ресурсів визначається коефіцієнт нерівномірності руху робочої, який має знаходитися в межах: від $1 <$ 1,8 та визначається за розрахунковою залежністю

$$\alpha = R_{max} / R_{сер,} \quad (2.1)$$

де R_{max} – максимальна кількість персоналу, люд.;

$R_{сер}$ – середня кількість персоналу, люд., яка своєю чергою визначається за виразом:

$$R_{ср} = (\frac{Q_{заг}}{T}) \times 1{,}1, \quad (2.2)$$

де $Q_{заг}$ –загальна трудомісткість виконання робіт, люд. –год;

T – тривалість виконання будівельно-монтажних робіт;

1,1 – коефіцієнт, що враховує можливі невиходи персоналу на роботу з поважних причин.

Таблиця 2.1 – Розрахункові об’єми робіт при будівництві системи теплопостачання

№ з/п	Найменування робіт	Загальний об’єм робіт	По захваткам	
			Перша захватка	Друга захватка
1	Винесення та закріплення осей у натурі	2,2	2,2	
2	Механізована розробка ґрунту екскаватором	4185	3320	865
3	Додаткова (ручна) доробка ґрунту	77	60	17
4	Улаштування піщаної підготовки основи	154	92	62
5	Монтаж нерухомих опор трубопроводів	15	10	5
6	Прокладання трубопроводів діаметром до 159 мм	2212	1802	410
7	Проведення випробувань контрольних ділянок трубопроводів	2250	1800	450
8	Виконання ізоляції стиків	20	15	5

Продовження таблиці 2.1

9	Монтаж сталевих приварних засувок	36	30	6
10	Улаштування дренажних кранів та повітровипускних пристроїв	11	7	4
11	Монтаж перекриттів лоткових каналів	230	180	50
12	Виконання зворотного засипання траншей	4175	3300	875
13	Невраховані (додаткові) роботи			
14	Благоустрій території з урахуванням 10–15 % непередбачених робіт			
15	Здача об’єкта замовнику			

2.6 Визначення потреб в матеріалах, складських приміщеннях та техніко-економічні показники

На основі проєктно-кошторисної документації та відповідних специфікацій, які є її невід’ємною складовою визначається потреба в будівельних матеріалах, обладнанні, а також будівельних машинах і механізмах визначається. У цих документах встановлюються номенклатура, кількість та технічні характеристики необхідних ресурсів для виконання будівельно-монтажних робіт.

Постачання матеріалів та обладнання на будівельний майданчик повинно здійснюватися згідно з затвердженими графіками постачання та відповідно до встановлених норм, що забезпечує безперервність будівельного процесу.

Усі матеріали та обладнання, що надходять на будівельний майданчик, підлягають обов’язковому вхідному контролю, метою якого є перевірка їх відповідності проєктним вимогам і супровідній документації, оцінка якості та технічного стану, перевірка наявності комплекту технічної документації, а також сертифікатів відповідності та дозволів, що підтверджують правомірність їх використання.

Площі складських зон визначаються залежно від обсягів та габаритних розмірів матеріалів і конструкцій, що підлягають зберіганню. У даному проєкті складування ґрунту передбачається вздовж траншеї без окремого влаштування складських майданчиків, оскільки родючий шар ґрунту відсутній і його окреме збереження не потрібне.

Збірні елементи, зокрема плити перекриття лоткових каналів, складуються вздовж траншеї на відстані, що забезпечує зручність їх подальшого монтажу без додаткового переміщення вантажопідіймальної техніки.

Таблиця 2.2 –Техніко-економічні показники будівництва системи теплопостачання житлового для мікрорайону

Найменування показника	Один. виміру	Кількість
Загальна кошторисна вартість будівництва	тис. грн.	5571,8
В тому числі вартість заробітної плати	тис. грн.	950,4
Загальна тривалість будівництва	міс.	3,0
В т.ч. підготовчий період	міс.	0,5
Потрібна кількість працюючих	чол.	58
В т.ч. робочих	чол.	6
Кількість вантажівок	шт.	10
Кількість кранів	шт.	4
Кількість екскаваторів	шт.	2
Загальна кошторисна трудомісткість будівництва	тис.чол. годин.	7220

Висновки до розділу

Наведені основні дані щодо тривалості будівництва, розроблено календарний графік виконання будівельно-монтажних робіт та визначено потребу у трудових і технічних ресурсах для реалізації проєкту будівництва теплових мереж. Крім того, визначено послідовність виконання робіт та введення об’єкту будівництва в експлуатацію.

Було визначено, що до основних особливостей, що потрібно враховувати під час прокладання трубопроводів теплових мереж у місті Чернігові належать необхідність врахування кліматичних умов регіону, складних інженерно-геологічних умов окремих територій, високої насиченості підземними комунікаціями та вимог щодо забезпечення надійного і безперебійного теплопостачання міської забудови.

Застосування комплексу випробувань і заходів антикорозійного захисту забезпечує підвищення надійності теплової мережі, зменшення втрат теплоносія, подовження терміну служби трубопроводів та зниження експлуатаційних витрат.

РОЗДІЛ 3.
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Важливою складовою державної політики України у галузі охорони праці є створення та забезпечення належного рівня безпеки праці персоналу. Особливої актуальності питання з охорони праці набувають при будівництві об'єктів централізованого теплопостачання, оскільки виконання будівельно-монтажних робіт тісно пов'язані із земляними роботами, застосуванням спеціалізованої будівельної техніки, проведенням зварювальних операцій, а також подальшою експлуатацією обладнання та споруд, що належать до об'єктів потенційної небезпеки.

Об'єктом проєктування в даній роботі є система теплопостачання для групи багатоповерхових житлових будівель та будівель соціального призначення житлового мікрорайону, розташованого у м. Чернігові.

Проєктом передбачається будівництво та прокладання теплових мереж, встановлення теплових пунктів, монтаж насосного, теплообмінного та регулювального обладнання, а також впровадження засобів автоматизації та диспетчерського контролю у центральному тепловому пункті.

Головною метою проєкту є забезпечення надійного та безперебійного постачання теплової енергії споживачам для забезпечення їх потреб з опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Виконання зазначених робіт пов'язане з підвищеним рівнем виробничих ризиків, тому важливим завданням є організація ефективної системи охорони праці на всіх стадіях реалізації проєкту. Це включає розроблення та впровадження комплексу заходів безпеки під час проєктування, будівництва, пусконалагоджувальних робіт, експлуатації та технічного обслуговування об'єкта.

Дотримання вимог [11,12], а також галузевих нормативних документів [13], що регламентують безпечне виконання будівельно-монтажних робіт є обов'язковими при проведенні будівництва системи теплопостачання.

Метою державної політики у сфері охорони праці є забезпечення пріоритету життя і здоров’я працівників над результатами виробничої діяльності. Реалізація цього принципу здійснюється шляхом організації системи управління охороною праці, що включає оцінювання небезпечних факторів, планування заходів із запобігання виробничим ризикам, навчання персоналу безпечним методам роботи та контроль за дотриманням нормативних вимог.

Особливістю об’єкта проєктування є розташування будівельного майданчика на території Чернігівської області, яка належить до прикордонних регіонів України, які в умовах воєнного стану зазнають постійного впливу воєнних загроз. У зв’язку з цим під час виконання робіт необхідно передбачати додаткові заходи безпеки та цивільного захисту персоналу. До таких заходів належать своєчасне оповіщення персоналу про виникнення небезпеки, забезпечення доступу до захисних споруд, визначення безпечних маршрутів евакуації та відпрацювання порядку дій працівників у разі надзвичайних ситуацій. Комплексне врахування зазначених вимог сприяє підвищенню рівня безпеки праці та мінімізації можливих ризиків під час реалізації проєкту.

Важливим завданням охорони праці під час будівництва системи теплопостачання в Чернігівській області є запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Під час виконання земляних, монтажних та зварювальних робіт існує ризик травмування внаслідок обвалення ґрунту, роботи будівельних машин і механізмів, дії електричного струму, а також впливу шуму та вібрації.

Додаткову увагу необхідно приділяти несприятливим кліматичним умовам регіону, зокрема роботі в осінньо-зимовий період за низьких температур і підвищеної вологості. Врахування зазначених факторів на етапі проєктування та будівництва сприяє підвищенню рівня безпеки праці, зниженню виробничих ризиків і забезпеченню надійної експлуатації об’єкта.

Високий рівень організації охорони праці є невід'ємною складовою ефективного функціонування будівельної галузі та відіграє важливе соціальне та економічне значення, оскільки сприяє збереженню життя і здоров'я працівників, підвищенню ефективності виробничої діяльності та зниженню втрат, пов'язаних із виробничим травматизмом. Створення безпечних умов праці дає змогу скоротити кількість нещасних випадків і аварійних ситуацій, скоротити витрати на компенсаційні виплати та відновлення виробничих процесів. Крім того, дотримання вимог охорони праці позитивно впливає на якість виконання будівельно-монтажних робіт, забезпечує надійність і довговічність споруджуваних об'єктів, а також сприяє раціональному використанню трудових і матеріальних ресурсів.

Таким чином, законодавче та нормативне забезпечення охорони праці є необхідною основою безпечної організації будівельно-монтажних робіт під час реалізації проєкту системи теплопостачання. Дотримання вимог чинного законодавства, державних будівельних норм і правил охорони праці сприяє зведенню до мінімуму виробничих ризиків, запобіганню нещасним випадкам та створенню безпечних умов праці для персоналу. Особливо актуальними ці питання є при реалізації проєктів у Чернігівській області, де поряд із виробничими факторами необхідно враховувати вимоги цивільного захисту та готовність до дій у надзвичайних ситуаціях.

3.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Як згадувалося раніше, об'єктом будівництва є система теплопостачання для групи багатоповерхових житлових будівель та будівель соціального призначення житлового мікрорайону, розташованого у м. Чернігові. Реалізація проєкту передбачає виконання комплексу будівельно-монтажних робіт, до складу яких входять розроблення траншей для прокладання теплотраси, будівництво та прокладання теплових мереж, встановлення теплових пунктів, монтаж насосного, теплообмінного та регулювального обладнання[14].

Для оцінювання виробничих ризиків і визначення небезпечних та шкідливих виробничих факторів аналіз умов праці виконано для робочого місця машиніста екскаватора (рис.3.1), який здійснює механізовану розробку ґрунту під час спорудження підземних мереж.

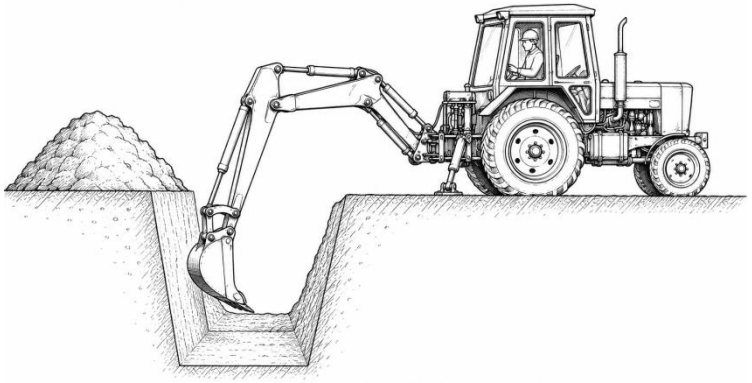

Рисунок 3.1 – Робоче місце машиніста екскаватора під час розроблення траншеї для прокладання підземних мереж

Оскільки під час виконання своїх професійних обов'язків на машиніста екскаватора можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які мають фізичний, біологічний, психофізіологічний та техногенний характер, проведемо їх виявлення відповідно до класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів та вимог чинного законодавства у сфері охорони праці.

До *фізичних факторів* належить підвищений рівень шуму, який виникає внаслідок роботи двигуна, гідросистеми та взаємодії робочого органу (ковша) з ґрунтом. При земляних роботах з ґрунтами Чернігівської області, які представлені переважно пісками, супісками та суглинками, рівень шуму у кабіні може досягати 85-90 Дба, що може при тривалій дії позначатися на функціональному стані організму машиніста та викликати швидку втому, зниження концентрації уваги або погіршення слуху. Суттєво впливає на стан машиніста вібрація, яка виникає від двигуна, ходової частини та робочого органу екскаватора та може спричиняти порушення діяльності нервової та серцево-судинної систем, захворювання опорно-рухового апарату.

Розроблення пісків та супісків викликає утворення значної кількості пилу, яка потрапляє у робочу зону машиніста (кабіну) та може негативно впливати на органи дихання та зору. Крім того, машиніст зазнає прямого впливу несприятливих мікрокліматичних умов, характерних для Чернігівської області: взимку – низька температура, вологість та вітер, влітку–підвищена температура. Під час виконання земляних робіт застосовуються рухомі машини та механізми, які становлять суттєву небезпеку, оскільки виникає ризик наїзду на працівників, які перебувають у межах небезпечної зони дії машини, а також можливість травмування внаслідок контакту з рухомими частинами робочого обладнання, особливо під час виконання маневрів, розворотів та переміщення техніки в умовах недостатньої освітленості робочої зони, складного рельєфу та нестійких ґрунтів, характерних для будівельних майданчиків у Чернігівській області. Недостатній контроль за організацією робіт у таких умовах може призвести до виникнення аварійних ситуацій та виробничого травматизму.

До *техногенних факторів* варто віднести можливість пошкодження існуючих інженерних комунікацій, прокладених під землею у межах прокладання теплової мережі, що може призвести до виникнення аварійних ситуацій, порушення функціональності інженерних систем, ураження електрострумом, вибухів та ін.. Як зазначалося раніше, ґрунти Чернігівської області – це піски, супіски та суглинки, і порушення технології виконання земляних робіт, атмосферні опади, розміщення будівельної техніки на краю виїмки можуть призвести до обвалу стінок траншеї та, своєю чергою, до травмування працівників, перекидання техніки й руйнування елементів конструкції.

До *психофізіологічних факторів* належить нервово-емоційне навантаження машиніста екскаватора, яке зумовлене необхідністю постійного контролю за дотриманням безпечних відстаней до підземних інженерних комунікацій та постійним контролем за роботою будівельної техніки. Тривале виконання робіт в умовах монотонності та підвищеної відповідальності можуть призвести до накопичення втоми, зниження концентрації уваги та підвищення помилкових дій під час керування екскаватором.

Додатковим фактором небезпеки є виконання робіт у Чернігівської області, яка, як зазначалося раніше, належить до прикордонного регіону України та в умовах воєнного стану зазнає постійного впливу воєнних загроз.

Тому у разі оголошення «Повітряна тривога» чи виникнення інших ситуацій, пов'язаних з подіями воєнного характеру працівники негайно мають зупинити усі види робіт та діяти відповідно до плану евакуації та заходів з цивільного захисту.

На підставі вище наведеного, зведемо основні результати до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Небезпечні та шкідливі фактори, які виникають при виконанні професійних обов'язків машиніста екскаватора.

Фактор	Причина виникнення	Наслідки
Шум	Робота двигуна, гідросистеми та взаємодія робочого органу (ковша) з ґрунтом	Втома, зниження концентрації уваги, погіршення слуху
Вібрація	Двигун, ходова частина, робочий орган екскаватора	Професійні захворювання нервової та серцево-судинної систем, опорно-рухового апарату
Пил	Розроблення пісків та супісків	Вплив на органи дихання та зору
Несприятливі умови мікроклімату	Робота на відкритому повітрі	Переохолодження та перегрівання
Рухомі машини та механізми	Робота екскаватора	Травмування персоналу
Травмування струмом	Пошкодження ліній електропередачі	Опіки та електротравми
Обвал стінок траншеї	Нестійкість укосів траншеї	Травмування персоналу
Нервово-емоційне навантаження	Висока відповідальність та монотонність	Втома, зниження концентрації уваги, помилкові дії під час керування екскаватором
Воєнні загрози	Обстріли	Травмування чи загибель персоналу

Отже, проведений аналіз свідчить, що неможливо повністю виключити вплив більшості виробничих факторів, однак їх негативна дія може бути істотно зменшена за рахунок впровадження комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Тому, наступні підрозділи будуть присвячені оцінюванню ризиків виникнення виявлених небезпек, а також розробленню заходів, спрямованих на покращення умов праці, зниження рівня виробничого травматизму та підвищення безпеки виконання робіт під час будівництва мережі.

3.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об’єкті проєктування

Одним із сучасних підходів до підвищення рівня безпеки праці є ризик-орієнтований підхід, який дає змогу ідентифікувати найбільш небезпечні виробничі фактори, оцінити ймовірність їх виникнення та розробити ефективні заходи щодо зниження професійних ризиків.

Для об’єкта проєктування здійснено оцінювання ризиків для робочого місця машиніста екскаватора, задіяного при розробці земляних робіт під час будівництва системи теплопостачання для групи багатоповерхових житлових будівель та будівель соціального призначення житлового мікрорайону, розташованого у м. Чернігові.

Виконання професійних обов’язків машиніста екскаватора характеризується підвищеним рівнем виробничого ризику, що обумовлено експлуатацією землерийної техніки, проведенням робіт поблизу підземних комунікацій, наявністю небезпечної зони дії рухомих частин машини та ймовірністю виникнення аварійних ситуацій під час виконання технологічного процесу.

Оцінювання ризиків було виконано відповідно до матриці ризику шляхом визначення категорії серйозності небезпеки та рівня ймовірності її виникнення.

Основні потенційні небезпеки для машиніста екскаватора наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Оцінювання ризиків для робочого місця машиніста екскаватора при виконанні професійних обов’язків

Небезпека	Категорійність серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація ризику
Падіння машиніста в траншею під час виходу з кабіни екскаватора	III категорія	C	3C	Небажаний
Обвал ґрунту поряд з роботу екскаватора	II категорія	C	2C	Небажаний
Перекидання екскаватора	I категорія	D	1D	Небажаний

Продовження таблиці 3.2

Наїзд на працівника під час розвороту, переміщення а бо маневру	I категорія	C	1C	Неприпустимий
Травмування електричним струмом внаслідок механічного пошкодження кабелю	II категорія	D	2D	Небажаний
Вплив шуму	III категорія	B	3B	Небажаний
Вплив вібрації	III категорія	B	3B	Небажаний
Пожежа через несправність систем та агрегатів машини	II категорія	D	2D	Небажаний
Механічне травмування під час виконання робіт з технічного обслуговування екскаватора	III категорія	C	3C	Небажаний
Травмування уламками вибухонебезпечних предметів у зоні проведення робіт	I категорія	D	1D	Небажаний

Як приклад виконаємо оцінювання ризику наїзду екскаватора на працівника на будівельному майданчику. Ця небезпечна подія може призвести до тяжких тілесних ушкоджень або смертельного випадку, тому за ступенем тяжкості наслідків її відносять до категорії I – катастрофічна. Враховуючи специфіку виконання земляних робіт, переміщення техніки на будівельному майданчику та можливе перебування працівників у зоні її дії, імовірність виникнення події оцінюється як C – випадкова. Згідно з матрицею оцінювання ризиків, поєднання зазначених показників відповідає індексу ризику 1C, який класифікується як неприпустимий і потребує впровадження додаткових організаційних та технічних заходів безпеки.

Проведений аналіз професійних ризиків свідчить, що найбільшу небезпеку для машиніста екскаватора становлять:

1. наїзд техніки на працівників, які перебувають у зоні виконання робіт;
2. перекидання екскаватора під час експлуатації;
3. ураження електричним струмом у разі пошкодження кабельних ліній;
4. обвал ґрунту під час розробки траншей і котлованів;
5. вплив небезпечних факторів надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Зазначені небезпеки характеризуються високою тяжкістю можливих наслідків і потребують особливої уваги під час організації та виконання робіт.

З метою зведення до мінімуму виробничих ризиків необхідно реалізувати комплекс організаційних та технічних заходів, перелік яких наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Організаційні та технічні заходи для зведення до мінімуму виробничих ризиків.

Вид небезпеки	Заходи щодо зведення до мінімуму виробничих ризиків
Наїзд на працівника	Оснащення екскаватора звуковою та світловою сигналізацією; заборона виконання робіт у «сліпих зонах» екскаватора без погодження з машиністом; застосування сигнального одягу працівниками; застосування сигнальника; огородження зони дії екскаватора.
Перекидання екскаватора	Робота екскаватора лише на спланованому та достатньо ущільненому майданчику з дотриманням безпечної відстані від краю траншеї або котловану; встановлення попереджувальних знаків у небезпечних зонах; заборона переміщення машини з піднятим робочим органом (ковшом).
Обвал стінок траншеї	Дотримання нормативної відстані між екскаватором, відвалом ґрунту та краєм траншеї; заборона перебування працівників у траншеї під час роботи екскаватора; огородження траншеї та встановлення попереджувальних знаків; регулярний контроль стану ґрунту та стінок траншеї.
Травмування електричним струмом	Уточнення розташування підземних кабельних ліній перед початком робіт; проведення інструктажу з електробезпеки; припинення робіт при виявленні неврахованих комунікацій.

Продовження таблиці 3.3

Вібрація, шум	Використання засобів захисту органів слуху; регулярне технічне обслуговування екскаватора; забезпечення шумо- та віброізоляції кабіни; регламентовані перерви в роботі.
Пожежа	Регулярне технічне обслуговування екскаватора; контроль справності паливної та електричної систем; оснащення машини вогнегасниками. Усунення витоків пального та мастильних матеріалів.
Ризики воєнного характеру	Забезпечення доступу до укриттів та шляхів евакуації; припинення робіт під час повітряної тривоги; організація оперативного оповіщення працівників

Отже, результати оцінювання свідчать, що після практичного втілення запропонованих заходів більшість ризиків можуть бути зведені до рівня «припустимі з перевіркою», який відповідає нормативним вимогам щодо безпеки праці. Таким чином, аналіз ризиків дозволив виявити основні небезпечні фактори, що впливають на виконання професійних обов'язків машиніста екскаватора під час будівництва системи теплопостачання житлового мікрорайону у м. Чернігові. Найбільшу загрозу становлять ризики, пов'язані з роботою будівельних машин і механізмів, а також виконанням земляних робіт. Застосування запропонованих технічних та організаційних заходів дає можливість суттєво знизити рівень виробничих ризиків, запобігти виникненню аварійних ситуацій і нещасних випадків та забезпечити належний рівень безпеки на об'єкті будівництва.

3.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування

За результатами оцінювання ризиків, виконаного для робочого місця машиніста екскаватора, встановлено наявність низки потенційних небезпек, що відрізняються за ступенем їхнього впливу на безпеку праці. До найбільш вагомих належать ризики травмування працівників у зоні дії будівельної техніки, перекидання екскаватора, травмування електричним струмом у разі пошкодження підземних кабельних комунікацій, обвалу стінок траншеї, а також негативний вплив від підвищених рівнів шуму та вібрації.

Тому, для мінімізації зазначених ризиків і створення безпечних умов праці необхідно впровадити комплекс організаційних, технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничої небезпеки до допустимих значень:

1. *Інструктажі*. Перед початком виконання робіт на будівельному майданчику всі працівники мають проходити вступні інструктажі, первинні інструктажі на робочому місці та перевірку знань з питань охорони праці.
2. *Допуск до роботи*. Машиніст екскаватора має бути особою, що досягла повноліття, має відповідну професійну підготовку та посвідчення на право керування екскаватором, пройшла медогляд та не має протипоказань до виконання робіт.
3. *Правила з охорони праці під час безпосереднього виконання робіт на буд майданчику*. Необхідно розробити правила та інструкції з охорони праці для машиніста екскаватора, монтажників та зварювальників зовнішніх теплопроводів та інших працівників, задіяних при будівництві теплотраси з метою запобігання виробничого травматизму. Зміст інструкцій та правил має враховувати особливості виконання земляних робіт з урахуванням інженерно-геологічних умов та характеристик ґрунтів, поширених на території Чернігівської області, роботу в зонах перетину інженерних комунікацій та вимоги до чинних нормативно-правових документів.
4. *Сигнальне маркування.* З метою підвищення рівня безпеки праці межі робочої зони екскаватора повинні бути чітко позначені попереджувальними знаками та огороджувальними засобами, а маршрути пересування працівників і руху транспортних засобів, задіяних на будівництві – відповідними інформаційними покажчиками. Крім того, усі працівники, які перебувають у зоні виконання робіт, повинні бути забезпечені сигнальним одягом підвищеної видимості.

5. Організація праці та відпочинку. Враховуючи специфіку виконання земляних робіт для зниження виробничого травматизму, для машиністів екскаваторів та іншої будівельної техніки, задіяної на будівельному майданчику, рекомендується організувати регламентовані перерви на відпочинок та прийняття їжі з метою зниження їх нервово-емоційного напруження та запобігання перевтоми.
6. *Організація заходів щодо безпеки працівників у радіусі дії екскаватора*. Запобігання контакту працівників із рухомими елементами будівельної техніки є одним із пріоритетних напрямів забезпечення безпеки праці на будівельному майданчику, тому навколо екскаватора рекомендується встановлювати межі небезпечної зони та обмежувати доступ до неї сторонніх осіб. У разі виконання робіт за умов обмеженої оглядовості або в місцях інтенсивного переміщення персоналу доцільно залучати сигнальника, який здійснює контроль безпечного пересування техніки та координує взаємодію між машиністом і працівниками.
7. *Організація заходів щодо запобігання перекиданню екскаваторів.* З урахуванням інженерно-геологічних умов та характеристик ґрунтів, поширених на території Чернігівської області необхідно здійснювати попередню підготовку робочої зони з метою забезпечення стійкого положення екскаватора та запобігання його перекиданню. Строго має заборонятися розміщення землерийної техніки на ґрунтах із недостатньою несучою здатністю, а також у безпосередній близькості до країв траншей і котлованів без дотримання нормативних відстаней. Роботи повинні виконуватися лише на спланованій та ущільненій поверхні. У випадку, коли роботи відбуваються на схилах, експлуатація екскаватора повинна здійснюватися з урахуванням допустимих параметрів нахилу місцевості, визначених експлуатаційною документацією.

8. *Електробезпека при виконанні земляних робіт*. Першочергово, до початку розроблення ґрунтів необхідно визначити місця прокладання електричних комунікацій та їх напругу на підставі виконавчої документації та результатів контрольного шурфування. Екскаватор має бути оснащеним справною системою захисного заземлення, а його електрообладнання має регулярно проходити техогляд і контроль справності для запобігання виникненню аварійних ситуацій та ураження працівників, у тому числі й машиніста екскаватора, електричним струмом.
9. *Організація безпечного виконання робіт у траншеях.* З метою запобігання обвалу ґрунту під час виконання земляних робіт необхідно забезпечити стійкість стінок траншей шляхом застосування відповідних технічних рішень, наприклад, вибір способу кріплення повинен здійснюватися з урахуванням глибини виїмки, інженерно-геологічних умов та фізико-механічних властивостей ґрунту, характерних для зони будівництва. Після інтенсивних атмосферних опадів, підтоплення території чи тривалої перерви у виконанні робіт необхідно проводити ретельний огляд стану укосів і кріплень з метою виявлення можливих деформацій та забезпечення безпечних умов праці.
10. *Захист машиніста екскаватора від підвищеного рівня шуму та вібрації.* Рекомендується застосовувати сучасні моделі землерийної техніки, конструкція яких забезпечує знижені рівні шумового та вібраційного навантаження завдяки використанню сучасних систем амортизації та шумоізоляції. Робоче місце машиніста повинно бути організоване відповідно до ергономічних вимог і обладнане регульованим сидінням із віброізоляцією, що сприяє збереженню працездатності та профілактиці професійних захворювань.
11. *Заходи з забезпечення мікроклімату на робочому місці машиніста.* Кабіна машиніста екскаватора має бути обладнання справною системою опалення для проведення робіт у зимовий час,справні системи вентиляції при проведенні робіт в умовах з підвищеним пиловиділенням та системи кондиціонування для проведення робіт у літній час з підвищеними температурними показниками зовнішнього повітря.

12. *Забезпечення належної видимості робочої зони.* Забезпечення нормативного рівня освітленості робочих місць та будівельного майданчика є важливою умовою безпечного виконання будівельних робіт. При роботах у вечірній чи нічний час освітлення території будівельного майданчику повинно відповідати вимогам чинних нормативних вимог, зокрема вимогам [3]. Екскаватор має бути оснащений справними штатними приладами освітлення, а за необхідності – додатковими прожекторами, які забезпечують достатнє освітлення робочої зони, місць переміщення техніки та проходу працівників.
13. *Заходи реагування працівників на НС та сигнали повітряної тривоги.* Як зазначалося раніше, територія Чернігівської області належить до прикордонних регіонів України, які в умовах воєнного стану зазнають постійного впливу воєнних загроз, тому важливого значення набуває організація заходів цивільного захисту працівників. На будівельному майданчику повинна бути забезпечена своєчасна система оповіщення про виникнення НС, зокрема оголошення повітряної тривоги. Усі працівники мають бути проінструктовані щодо порядку дій у разі небезпеки, ознайомлені зі схемами евакуації та місцями розташування найближчих захисних споруд. Після отримання сигналу про повітряну тривогу виконання робіт необхідно негайно припинити, будівельну техніку привести в безпечний стан, а персонал організовано евакуювати до укриття до моменту скасування загрози.
14. *Постійний контроль та моніторинг заходів з охорони праці на будівельному майданчику.* Ефективність заходів з охорони праці рекомендовано здійснювати шляхом постійного контролю за дотриманням вимог безпеки, перевірки технічного стану обладнання та аналізу причин виникнення небезпечних ситуацій для їх своєчасного попередження. Таким чином, упровадження запропонованих заходів дозволить підвищити рівень безпеки праці, покращити умови роботи машиніста екскаватора та запобігти виникненню виробничого травматизму під час будівництва системи теплопостачання.

. 3.5. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ.

1. У результаті виконання розділу досліджено умови праці під час будівництва системи теплопостачання житлового мікрорайону у м. Чернігові, виявлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, проведено оцінювання професійних ризиків і розроблено заходи щодо їх зниження. Запропоновані рішення спрямовані на створення безпечних умов праці, зниження ймовірності виробничого травматизму та підвищення загального рівня безпеки на об’єкті будівництва.
2. Було проаналізовано чинні законодавчі та нормативно-правові акти України з питань охорони праці та цивільного захисту, які регламентують порядок безпечного виконання робіт на об’єктах теплопостачання. Встановлено, що ефективне управління виробничими ризиками та забезпечення безпечних умов праці потребують комплексного застосування організаційних, технічних і профілактичних заходів протягом усього періоду виконання будівельно-монтажних робіт.
3. Проаналізовано умови праці машиніста екскаватора при будівництві системи теплопостачання та визначено основні виробничі ризики, які впливають на виконання професійних обов’язків. До найбільш значущих ризиків віднесено наїзд будівельної техніки на працівників, перекидання екскаватора, травмування електричним струмом, обвал ґрунту в траншеях, вплив шуму і вібрації, а також загрози, пов’язані з воєнним станом.
4. За допомогою матричного методу проведено оцінювання рівня професійних ризиків для робочого місця машиніста екскаватора та встановлено, що окремі небезпечні фактори характеризуються гранично допустимим і неприпустимим рівнем ризику, що потребує реалізації додаткових профілактичних заходів. З метою зниження ймовірності виникнення нещасних випадків у розділі було запропоновано комплекс організаційних рішень, спрямованих на підвищення кваліфікації персоналу, забезпечення належного рівня інструктажів, впровадження сигнального маркування, оптимізацію режимів праці та ін.

5. Для зниження рівня виробничих ризиків та підвищення безпеки праці розроблено комплекс технічних і архітектурно-планувальних заходів. Запропоновані рішення спрямовані на забезпечення стійкості траншей і виїмок, дотримання безпечних умов експлуатації екскаватора, покращення освітлення робочої зони, зменшення впливу шуму та вібрації на працівників, підвищення рівня електробезпеки, а також організацію заходів цивільного захисту під час виконання робіт в прикордонних зонах в умовах воєнного стану.
6. Таким чином, втілення запропонованого комплексу заходів з охорони праці дозволить мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів, знизити рівень професійного ризику та забезпечити безпечні умови праці під час будівництва системи теплопостачання житлового мікрорайону м. Чернігова. Очікуваним результатом є підвищення рівня виробничої безпеки, запобігання аварійним ситуаціям і виробничому травматизму, а також забезпечення надійної та безпечної реалізації проєкту.

Список використаних джерел

1. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 № 2633-IV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2633-15 (дата звернення: 14.06.2026).
2. Тарадай О. М. Теплозабезпечення : монографія. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 297 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2011–01–11. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 127 с. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_27_2010/5-1-0-929, вільний (дата звернення: 08.06.2026). – Назва з екрана.
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 149 с.
5. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 33 с.
6. Про затвердження Правил надання послуги з постачання гарячої води та типових договорів про надання послуги з постачання гарячої води : Постанова Кабінету Міністрів України від 11 груд. 2019 р. № 1182. – Київ, 2019.
7. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.
8. Wilo Україна : офіційний сайт. URL: https://wilo.com/ua/uk/ (дата звернення: 26.06.2026).
9. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Офіц. вид. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 51 с.

Список використаних джерел

10. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 177 с.
11. Про затвердження Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж : Наказ Міністерства палива та енергетики України від 14.02.2007 № 71. URL: Законодавство України (дата звернення: 18.06.2026).
12. Про Кодекс законів про працю України : Закон України від № 322-VIII від 10.12.71:станом на 21.08.2025р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text (дата звернення: 15.06.2026).
13. Про охорону праці : Закон України від № 2695-XII від 14.10.92 : станом на 21.08.2025р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text (дата звернення: 15.06.2026).
14. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2009. – 120с.