

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

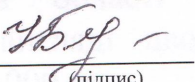
« 8 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання спортивного фітнес комплексу "Total Fitness" в м. Житомир по вул. Бориса Лятошинського, 2 загальною площею 1400 м² з розробкою підлогового опалення спортивної зали.

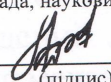
Виконала: студентка групи 47-ТЕ-22з

 Ігнатенко В.В.
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., професор кафедри ЕІ та РС ПННІ НУК

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 Димо Б.В.
(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«23» 02 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студентці Ігнатенко Вікторії Василівні

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання спортивного фітнес комплексу "Total Fitness" в м. Житомир по вул. Бориса Лятошинського, 2 загальною площею 1400 м² з розробкою підлогового опалення спортивної зали.

Керівник роботи к.т.н. професор кафедри ЕІ та РС Димо Б.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від « 19 » 02 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі: 05.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: Комплекс являє собою спортивний фітнес комплекс, створений професіоналами в області оздоровчого спорту. Спортивний комплекс побудований у вигляді двоповерхового будинку. Загальна площа складає 1400 м², корисна – 1000 м².

На першому та другому поверхах встановлені дерев'яні двері розміром 800×2000 мм. Вікна метало-пластикові 1000×2000мм. Спортивний комплекс побудований із піно-блоків. Внутрішні стіни з білої силікатної цегли. Підлога виконана з цементної стяжки, на яку покладений лінолеум. У спортивному, тренажерному та залі силових підготовки на цементну стяжку покладені гумові плити. У душових та санвузлах на підлозі покладена керамічна плитка. Підлога, яка складається з однієї цементної стяжки знаходиться у приміщенні електрощитової та топкової.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи теплопостачання. Мета кваліфікаційної роботи. 2. Розробка системи водяного опалення спортивного комплексу. 3. Розробка систем спортивного комплексу. 4. Розробка підлогового опалення спортивної зали. 6. Розробка заходів з охорони праці

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План спортивного комплексу. 2. Аксонометрична схема опалення 3. Аксонометрична схема вентиляції. 4. Креслення калорифера. 5. Аксонометрична схема теплої підлоги.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «20» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

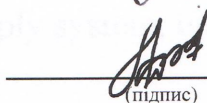
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи теплопостачання. Мета кваліфікаційної роботи	9.03.26	
2	Розробка системи водяного опалення спортивного комплексу	22.03.26	
3	Розробка систем спортивного комплексу	20.04.26	
4	Розробка підлогового опалення спортивної зали.	02.05.26	
5	Розробка заходів з охорони праці	16.05.26	
6	Графічна частина	22.05.26	

Студент


(підпис)

Ігнатенко В.В.

Керівник роботи


(підпис)

Димо Б.В.

Анотація

У цій кваліфікаційній роботі здійснено комплексний інженерний розрахунок систем опалення та вентиляції для двоповерхової будівлі фітнес-комплексу. Запроектовано системи водяного опалення холодного та гарячого водопостачання, а також припливної і витяжної вентиляції.

Проведено розрахунок теплового балансу будівлі, виконано теплотехнічний розрахунок системи водяного опалення, аеродинамічний аналіз роботи вентиляційних мереж та гідравлічні розрахунки систем водопостачання. Додатково визначено параметри калорифера для припливної вентиляційної установки.

Окрему увагу приділено заходам з охорони праці та збереження навколишнього середовища.

Ключові слова: опалення, вентиляція, теплоносій, холодне водопостачання, калорифер, гаряче водопостачання, припливна система, тепла підлога.

Abstract

In this qualification work, a comprehensive engineering calculation of heating and ventilation systems for a two-story building of a fitness complex was carried out. Water heating systems, cold and hot water supply, as well as supply and exhaust ventilation were designed.

The heat balance of the building was calculated, a heat engineering calculation of the water heating system was performed, an aerodynamic analysis of the operation of ventilation networks and hydraulic calculations of water supply systems were performed. Additionally, the parameters of the heater for the supply ventilation unit were determined.

Special attention was paid to occupational health and environmental protection measures.

Keywords: heating, ventilation, heat carrier, cold water supply, heater, hot water supply, supply system, underfloor heating.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	8
1.1. Опис об'єкту проектування.....	8
1.2. Системи спортивного комплексу.....	11
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ СПОРТИВНОГО ФІТНЕС КОМПЛЕКСУ.....	12
2.1. Розрахунок потужності опалювальної системи спортивного фітнес комплексу.....	12
2.2. Розрахунок теплових припливів у спортивному комплексі.....	20
2.3. Розрахунок опалювальних приладів.....	23
2.4. Гідравлічний розрахунок системи опалення спортивного комплексу.....	26
2.5. Підбор циркуляційного нагнітача.....	31
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМ СПОРТИВНОГО ФІТНЕС КОМПЛЕКСУ.....	33
3.1. Система вентиляції спортивної зали.....	33
3.1.1. Розрахунок повітроводу.....	33
3.2. Розробка калорифера для припливної системи вентиляції.....	35
3.2.1. Опис калорифера.....	35
3.2.2. Розрахунок калорифера.....	35
3.2.3. Підбір калориферів для системи вентиляції.....	36
3.3. Системи холодного та гарячого водопостачання спортивного комплексу.....	38
3.3.1. Розрахунок витрати води для гарячого водопостачання.....	38
3.3.2. Холодне водопостачання.....	39
3.4. Підбір джерела тепlopостачання для спортивного комплексу.....	40
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПІДПІДЛОГОВОГО ОПАЛЕННЯ СПОРТИВНОЇ ЗАЛИ.....	41
4.1. Переваги системи «тепла підлога».....	41
4.2. Вибір обладнання системи «тепла підлога».....	42
4.3. Розрахунок системи «тепла підлога».....	44
4.4. Структура та організація підпідлогового опалення.....	46
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	48
5.1. Охорона праці.....	48
5.1.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	50

5.1.2. Розрахунок загального освітлення приміщення тренажерного залу.....	53
5.2. Розробка заходів з охорони навколишнього середовища.....	56
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Регулярні фізичні вправи є невід'ємною складовою активного та здорового способу життя, який сприяє зміцненню організму, підтриманню емоційної рівноваги та покращенню фізичної форми. Заняття спортом допомагають людині зберігати енергію, уникати впливу контрольованих факторів ризику та повною мірою реалізовувати свій фізичний потенціал.

Фізична активність ефективно знімає втому після робочого дня, адже під час виконання вправ м'язи отримують навантаження, а після тренування настає відчуття легкості та розслаблення. Це сприяє гарному настрою, бадьорості та позитивно впливає на стосунки в родині.

Важливим результатом занять спортом є зміцнення серцево-судинної системи. Регулярні тренування знижують ризик виникнення інфаркту, інсульту, а також багатьох хронічних захворювань. Раціональна організація вільного часу допомагає людям відновлювати сили та підтримувати здоров'я. Проте в місті Житомир бракує сучасних спортивних об'єктів, де можна було б займатися всією родиною.

З метою вирішення цієї проблеми передбачається будівництво сучасного спортивного фітнес-комплексу загальною площею близько 1400 м². Будівля матиме два поверхи, три зали для групових занять, силових тренувань та роботи на тренажерах. Для зручності відвідувачів у комплексі працюватимуть кваліфіковані тренери та затишне кафе для відпочинку після тренувань.

Особливу увагу у проектуванні буде приділено системам тепlopостачання, опалення, вентиляції та водопостачання. Вони повинні забезпечувати комфортний мікроклімат відповідно до санітарних норм у будь-яку пору року та час доби.

Мета роботи:

Розробити й обґрунтувати інженерні рішення систем опалення, вентиляції, холодного та гарячого водопостачання для двоповерхового фітнес-

комплексу, що забезпечують нормативний мікроклімат, енергоефективність, надійність і безпеку експлуатації.

Завдання дослідження:

1. Зібрати вихідні дані: кліматичні параметри, архітектурно-планувальні рішення, теплотехнічні характеристики огорожень, режими роботи зон.
2. Виконати тепловий баланс будівлі та визначити розрахункові теплові навантаження приміщень.
3. Спроектувати систему водяного опалення: вибір схеми, приладів, трубопроводів, гідравлічний розрахунок і балансування.
4. Спроектувати припливно-витяжну вентиляцію, повітрообмін по приміщеннях, аеродинамічний розрахунок мереж, підбір вентиляційних установок і калорифера.
5. Розробити системи холодного та гарячого водопостачання: витрати, діаметри, напори, гідравлічні розрахунки.
6. Підібрати обладнання (насоси, теплообмінники/калорифери, автоматика) та сформулювати специфікацію.
7. Передбачити заходи енергоефективності (регулювання, рекуперація/утилізація теплоти, ізоляція, погодозалежне керування).
8. Опрацювати заходи з охорони праці та захисту довкілля, забезпечити відповідність чинним нормам і стандартам.
9. Підготувати комплект розрахунків і креслень (схеми, аксонометрії, плани трасування).

Об'єкт дослідження:

Двоповерхова будівля фітнес-комплексу та її внутрішні інженерні системи теплопостачання, вентиляції і водопостачання.

Предмет дослідження:

Параметри й режими роботи систем опалення, вентиляції та ГВП/ХВП; процеси тепло- та масообміну, гідравліки і аеродинаміки в інженерних мережах будівлі.

Методи дослідження:

- Теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій і теплових навантажень.
- Гідравлічні розрахунки водяних систем (опалення, ХВП, ГВП).
- Аеродинамічні розрахунки повітропроводів і підбір вентиляторів/калориферів.
- Балансові методи (водяні та повітряні баланси).
- Каталожний підбір обладнання з перевірочними розрахунками.
- Оцінка енергоефективності (коефіцієнти, питомі витрати, тепловтрати, рекуперація).
- Аналіз відповідності нормативам з охорони праці та екологічним вимогам.

Очікувані результати:

- Розрахований тепловий баланс та визначені розрахункові навантаження по зонах.
- Проектні рішення систем опалення та вентиляції з аксонометричними схемами, підбір і технічні характеристики обладнання (у т.ч. калорифера припливної установки).
- Гідравлічно й аеродинамічно збалансовані мережі з визначеними діаметрами, витратами та напорами.
- Проект систем ХВП і ГВП із забезпеченням необхідних витрат і температур.
- Запропоновані заходи енергоощадності, прогноз зменшення споживання енергії та витрат експлуатації.
- Комплект розрахунково-графічної документації та висновок про відповідність нормам, вимогам безпеки і екологічним стандартам.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

1.1. Опис об'єкту проектування

Total Fitness — це сучасна мережа фітнес-клубів, де твої цілі стають нашими. Ми пропонуємо комплексні рішення для покращення фізичного стану та загального самопочуття. Наша команда складається з кваліфікованих тренерів та інструкторів, які мають багаторічний досвід та завжди готові підтримати тебе на шляху до досягнення твоїх фітнес-цілей.

У Total Fitness ти знайдеш широкий вибір індивідуальних і групових тренувань, адаптованих до будь-якого рівня підготовки. Також ми пропонуємо найсучасніше обладнання, щоб забезпечити максимальний комфорт та ефективність тренувань.

Ми розуміємо ваші цілі та бажання, і саме тому створили ком'юніті, в якому кожен отримає підтримку та натхнення. Приєднуйся до нас, і разом ми досягнемо твоїх омріяних цілей!

Місія — створити середовище, де кожен, незалежно від рівня фізичної підготовки може почуватися комфортно й досягати своїх цілей. Ми розуміємо, що шлях до успіху може бути складним, тому прагнемо зробити його легшим та доступнішим для кожного. Total Fitness — це твій простір, де фітнес стає невід'ємною частиною життя та суцільним задоволенням, а не просто завданням.

Саме тому ми пропонуємо різноманітні тренування, адаптовані до індивідуальних потреб, щоб кожен міг знайти те, що йому підходить. Сучасне обладнання та команда професійних тренерів готові підтримати тебе на кожному етапі. Разом ми досягнемо всіх ваших цілей, адже ваш успіх — наша головна мета. Total Fitness — це фітнес для всіх і кожного!

Спортивний комплекс побудований у вигляді двоповерхового будинку. Загальна площа складає 1400 м², корисна – 1000 м².

В будівлі знаходяться наступні приміщення:

Експлікація приміщень

Назва приміщення	Площа, S, м ²	Температура прим., t, °C
1	2	3
Перший поверх		
Вестибюль	54	17
Офіс	22	20
Буфет	28	20
Підсобне приміщення буфету	5,8	18
Складова	5	17
Офіс	12	18
Медичний пункт	16,5	18
Підсобне приміщення	3	17
Підсобне приміщення	3	17
Підсобне приміщення	3	17
Тамбур	5,25	15
Коридор	24,0	17
Санвузол чоловічий	2,38	17
Санвузол жіночий	2,38	17
Електрощитова	6,5	5
Топкова	10,5	
Зал силових підготовки	99,76	18
Другий поверх		
Хол	29,6	16
Коридор	41,25	16
Тренажерний зал	138,8	18
Тренерська	19,8	18
Кімната старшого тренера	9,8	18
Роздягальня чоловіча	18,9	23
Роздягальня жіноча	13,3	23
Санвузол чоловічий	2,38	23
Санвузол жіночий	1,26	23
Душова чоловіча	4,8	26
Душова жіноча	4,8	26
Тамбур	5,9	12
Кімната збирального інвентарю	6,0	16

Розрахункові температури прийняті згідно ДБН В.2.5-67:2013.

1. Кліматичний тип

Клімат Житомира класифікується як помірно-континентальний (Dfb), з холодною зимою та досить теплим, вологим літом.

2. Температурний режим

Середня річна температура — приблизно 7,9 °C або 8,6 °C за іншими даними

Середні температури по місяцях

Місяць Середня тем-ра (°C)

Січень -3,7 → -4,2

Лютий -2,8 → -3,3

Березень +1,9 → +1,5

Квітень +9,2 → +8,8

Травень +15,0 → +14,5

Червень +18,7 → +17,5

Липень +20,6 → +19,6

Серпень +19,7 → +18,6

Вересень +14,5 → +13,8

Жовтень +8,4 → +7,8

Листопад +3,3 → +2,4

Грудень -1,4 → -2,1

Абсолютні температурні екстремуми:

Мінімум — до -33,3 °C (зафіксовано 9 січня 1987 р.)

Максимум — до +36–36,2 °C у серпні

3. Опади

Середньорічна кількість опадів — приблизно 685 мм

4. Вологість повітря

Середня відносна вологість:

Взимку до 84%, влітку — 64–68%

5. Вітри та дні дощу

Днів з опадами (із накопиченням понад 1 мм):

Більшість місяців — по 7–9 днів, липень — найвологіший із 9 днів

Домінантні напрямки вітру — переважно західні і південно-західні

6. Особливості сезону

Літній період відзначається теплою погодою з можливими сильними грозами, зливами, градом і шквалами. Середня температура у червні становить

+17,8...+18,4 °С, із максимумами до +36 °С; випадає 70–77 мм опадів, 6–8 днів із грозами

1.2. Системи спортивного комплексу

Система опалення запроектована згідно ДБН В.2.5-67:2013 двохтрубна з нижньою розводкою. У якості теплоносія використовують воду з параметрами 85...65°С. Трубопроводи повинні бути прокладені відкрито.

У якості нагріваючих приладів використовують чавунні радіатори типу МС 90-180. На підводках до нагріваючих приладів повинні бути встановлені крани подвійного регулювання. Повітровидалення з системи опалення здійснюється крізь крани Маєвського. Стояки, підводки, нагріваючі прилади повинні бути пофарбовані масляною фарбою за 2 рази. Трубопроводи для системи опалення прийняті сталеві електрозваренні по ГОСТ 10704-91 та сталеві водогазопровідні відповідно ГОСТ3262-75.

Система вентиляції у фітнес-центрі запроектована припливна та витяжна з механічним та природним спонукуванням. Вентилятори системи прийняті у звичайному виконанні з вуглецевої сталі. Повітроводи систем прийняті класу Н. Внутрішні температури на повітрообміні прийняті згідно ДБН В.2.5-67:2013.

Холодне та гаряче водопостачання запроектовано згідно ДБН В.2.5-64:2012. В будівлі запроектований господарчо-питний водопровід та гаряче водопостачання. Джерелом гарячого водопостачання є газовий сталевий котел типу «Рівнетерм-96». Трубопроводи монтуються з водогазопровідних труб по ГОСТ 3262-75. Стояки водопостачання у місцях переходу з перекриттям повинні бути замкнутими у гільзи з покрівельної сталі.

Внутрішня каналізаційна мережа монтується з труб ПВХ. Стояки згідно ДБН В.2.5-64:2012 повинні бути прокладені відкрито. Витяжна частина виводиться на дах на висоту 1,5м. Монтаж усіх систем повинен бути виконаний згідно з діючими нормами та правилами вироблення сантехнічних робіт.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ СПОРТИВНОГО ФІТНЕС КОМПЛЕКСУ

2.1. Розрахунок потужності опалювальної системи спортивного фітнес-комплексу

I поверх:

Загальна площа $S_{\text{заг}} = 300 \text{ м}^2$; Висота $H = 3,50 \text{ м}$

а) службове приміщення $S = 10,5 \text{ м}^2$, $t = 25^\circ \text{C}$ (згідно ДБН В.2.5-67:2013)

$t_{\text{з. п.}} = -19^\circ \text{C}$ (у холодний період року згідно ДБН В.2.5-67:2013):

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R, \quad (2.1)$$

де Q_1 - тепловтрати крізь огорожувальні поверхні, Вт;

A – площа стіни, м^2 ;

t_p – температура у приміщенні, $^\circ \text{C}$;

$t_{\text{з. п.}}$ – температура зовні приміщення, $^\circ \text{C}$;

n – коефіцієнт приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних поверхонь по відношенню до зовнішнього повітря $n = 1$ (ДБН В.2.5-67:2013);

β – додаткові витрати теплоти у долях від основних втрат;

R – опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, $\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$ (ДБН В.2.5-67:2013).

$R = 1,01 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$ для кладки суцільної з вапняку на важкому розчині з штукатуркою товщиною 15 мм з обох боків ($\rho = 1400$; $\lambda = 0,64$; $S = 7,73$) – табл. 8 [2].

В основі розрахунку лежить методика [2]:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 10 \cdot (25 + 19) \cdot (1 + 0,05) 1 / 1,01 = 480 \text{ Вт}.$$

Теплотехнічні показники зовнішніх стін:

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 12 \cdot 4,4 \cdot 1,1 / 1,01 = 600 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 10 \cdot 4,4 \cdot 1,01 / 1,01 = 470 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 12 \cdot 44 \cdot 1,05/1,01 = 560 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь вхідні двері ($2 \times 1,2 \text{ м}$), $R = 0,34 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ табл.8 [2]:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 44 \cdot 1,1/0,34 = 230 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги $S = 10,5 \text{ м}^2$:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 10,5 \cdot 44 \cdot 1,05/1,39 = 350 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь стелю для першого поверху не розраховуються.

б) Електрощитова: $S = 6,5 \text{ м}^2$; $t_p = 5^\circ\text{C}$:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 9 \cdot (19 + 5) \cdot (1 + 0,05)/1,01 = 225 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,1/1,01 = 225 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 9 \cdot 24 \cdot 1,1/1,01 = 235 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 9,3 \cdot 24 \cdot 1,05/1,01 = 230 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь вхідні двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 24 \cdot 1,05/0,34 = 120 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05/1,39 = 120 \text{ Вт.}$$

в) Решту приміщень першого поверху розраховуємо як одне з $S = 170 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$, тому що різниця температур між ними не перевищує 3°C (згідно ДБН В.2.5-67:2013) $R = 1,48 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ для зовнішніх стін табл. 8 [2]:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 52 \cdot 37 \cdot 1,2/1,48 = 1560 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,3/1,48 = 1400$$

$$\text{Вт}; Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 52 \cdot 37 \cdot 1,3/1,48 = 1700$$

$$\text{Вт}; Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 43,2 \cdot 37 \cdot 1,2/1,48 =$$

$$1300 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,972/2,32 = 100 \text{ Вт};$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 6,5 \cdot 24 \cdot 1,05/1,39 = 120 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 3 \cdot 2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 630 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 170 \cdot 37 \cdot 1,05/1,39 = 4600 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 0,8 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,34 = 1150 \text{ Вт.}$$

г) Зал силової підготовки $S = 108 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 8,3 \cdot 3,6(18 + 19) \cdot 1,2/1,48 = 900 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3/1,48 = 1400 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 8,3 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,3/1,48 = 970 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 12 \cdot 3,6 \cdot 37 \cdot 1,2/1,48 = 1296 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,2/2,9 = 25 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 2 \cdot 37 \cdot 1,3 / 0,39 = 250 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати І поверху:

$$\sum Q_{\text{Iпов}} = Q_{\text{топк}} + Q_{\text{електр}} + Q_{\text{решт}} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_{\text{в}} + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{п}}$$

$$\sum Q_{\text{Iпов}} = 22000 \text{ Вт} = 22 \text{ кВт.}$$

II поверх:

а) Тренерська кімната:

$$S = 22 \text{ м}^2; t_p = 18^\circ \text{C}, R = 1,01 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C}/\text{Вт} \text{ табл.8 [2]}$$

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 17 \cdot (18 + 19) \cdot (1 + 0,05)/1,01 = 600 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 17 \cdot 34 \cdot 1,15/1,48 = 450 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 17 \cdot 34 \cdot 1,1/1,01 = 625 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 17 \cdot 34 \cdot 1,05/1,01 = 600 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати крізь вхідні двері, $R = 0,34 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ табл.8 [1]:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,05/0,34 = 170 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 2 \cdot 34 \cdot 1,1 / 0,39 = 190 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 34 \cdot 1,1/0,34 = 175 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 2,2 \cdot 34/1,52 = 490 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 22 \cdot 34 \cdot 1,05/1,06 = 740 \text{ Вт}.$$

б) Кімната старшого тренера: $S = 9,8 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ\text{C}$:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 3,6 \cdot 2,2(18 + 19) \cdot (1 + 0,05)/1,01 = 305 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,1/1,01 = 650 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 3,6 \cdot 2,2 \cdot 37 \cdot 1,1/1,01 = 320 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 3,6 \cdot 4,5 \cdot 37 \cdot 1,05/1,01 = 625 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05/0,34 = 180 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 9,8 \cdot 37 \cdot 1,05/1,06 = 360 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 9,8 \cdot 37 / 1,52 = 240 \text{ Вт.}$$

в) Кімнати двох санвузлів, двох роздягалень та двох душових представляємо у вигляді однієї. Тому, що різниця температур між ними не перевищує 3°C (згідно ДБН В.2.5-67:2013) $S = 45,5 \text{ м}^2$; $t_p = 24^\circ \text{C}$:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 19 \cdot (24 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 850 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 32,8 \cdot 43 \cdot 1,1 / 1,01 = 1540 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 19 \cdot 43 \cdot 1,1 / 1,48 = 610 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 32,8 \cdot 43 \cdot (0,05 + 0,05 + 1) / 1,48 = 1050 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 1,6 \cdot 43 \cdot 1,1 / 0,34 = 225 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь вікна:

$$Q_v = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2 \cdot 43 \cdot 1,05 / 0,39 = 230 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 46 \cdot 43 / 1,52 = 1300 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 46 \cdot 43 \cdot 1,05 / 1,06 = 2000 \text{ Вт.}$$

г) Кімната інвентаря: $S = 6,0 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ \text{C}$:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 10,8 \cdot (19 + 16) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 390 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 275 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 10,8 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 410 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 7,2 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,01 = 260 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_d = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 6 \cdot 35 / 1,52 = 140 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 6 \cdot 36 \cdot 1,05 / 1,06 = 210 \text{ Вт.}$$

д) Зал спортивних занять $S = 258,35 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$.

Теплові втрати стіни:

$$Q_{1\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 37 \cdot (18 + 19) \cdot 1,05 / 1,01 = 1430 \text{ Вт};$$

$$Q_{1\text{з}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 37 \cdot (18 + 19) \cdot 1,05 / 1,48 = 975 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 45 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 1240 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 74,2 \cdot 37 \cdot 1,1 / 1,48 = 2040 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 45 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,48 = 1180 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати двері:

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2 \cdot 1,6 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,34 = 365 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати вікна:

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 5 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,1 / 0,39 = 260 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2 \cdot 0,5 \cdot 37 \cdot 1,05 / 0,39 = 100 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 258,35 \cdot 37 / 1,52 = 6280 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлога:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 258,35 \cdot 37 \cdot 1,05 / 1,06 = 9480 \text{ Вт.}$$

ж) Тренажерний зал $S = 138,8 \text{ м}^2$; $t_p = 18^\circ \text{C}$.

Теплові втрати стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 63 \cdot (19 + 18) \cdot 1,05 / 1,48 = 1650 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 29 \cdot 37 \cdot 1,1/1,48 = 795 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 63 \cdot 37 \cdot 1,1/1,01 = 2540 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 29 \cdot 37 \cdot 1,05/1,48 = 760$$

Вт.

Теплові втрати дверей:

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 37 \cdot 1,1/0,34 = 960 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати вікна:

$$Q_{\text{в}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 2 \cdot 37 \cdot 1,1/0,39 = 210 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлога:

$$Q_{\text{п}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 140 \cdot 37 \cdot 1,05/1,06 = 5130 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелю:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 140 \cdot 37 / 1,52 = 3400 \text{ Вт.}$$

з) Коридор $S = 41,25 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ \text{C}$.

Теплові втрати стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 23,5 \cdot (19 + 16) \cdot (1 + 0,05)/1,01 = 850 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,1/1,01 = 890 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 23,5 \cdot 35 \cdot 1,05/1,01 = 850$$

Вт.

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{\text{д1}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 4 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 690 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{д2}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1/0,34 = 360 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{д3}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05/0,34 = 1701 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 41,25 \cdot 35 / 1,52 = 950 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\Pi} = 41,25 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,06 = 1430 \text{ Вт.}$$

к) Хол $S = 29,6 \text{ м}^2$; $t_p = 16^\circ \text{C}$.

Теплові втрати стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 5,9 \cdot 3,6 (16 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 770 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 5 \cdot 3,6 \cdot 35 \cdot 1,15 / 1,48 = 490 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 21,24 \cdot 35 \cdot 1,1 / 1,01 = 810 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 18 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,01 = 650 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2 \cdot 1,6 \cdot 35 \cdot 1,15 / 1,01 = 130 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,1 / 0,34 = 180 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{д}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 1,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 0,34 = 170 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{\text{ст}} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 29,6 \cdot 35 / 1,52 = 680 \text{ Вт}$$

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{\Pi} = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 29,6 \cdot 35 \cdot 1,05 / 1,06 = 1030 \text{ Вт.}$$

л) Тамбур $S = 5,9 \text{ м}^2$; $t_p = 12^\circ \text{C}$.

Теплові втрати стіни:

$$Q_1 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2,6 \cdot 3,6 (12 + 19) \cdot (1 + 0,05) / 1,01 = 300 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 2,3 \cdot 3,6 \cdot 31 \cdot 1,1 / 1,01 = 280 \text{ Вт};$$

$$Q_3 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 9,36 \cdot 31 \cdot 1,1 / 1,01 = 320 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = A \cdot (t_p - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta) n / R = 8,28 \cdot 31 \cdot 1,05 / 1,01 = 270 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати крізь двері:

$$Q_{д1} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,1/0,34 = 160 \text{ Вт};$$

$$Q_{д2} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 1,6 \cdot 31 \cdot 1,005/0,34 = 155$$

Вт;

Теплові втрати підлоги:

$$Q_{п} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 5,9 \cdot 31 \cdot 1,05/1,06 = 180 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати стелі:

$$Q_{ст} = A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) n/R = 5,9 \cdot 31 / 1,52 = 120 \text{ Вт}.$$

Теплові втрати II поверху:

$$\sum Q_{IIпов} = Q_{тр.к} + Q_{ст. тр.} + Q_{решт} + Q_{инв} + Q_{спорт} + Q_{трениз} + Q_{кор.} + Q_{хол} + Q_{тамб}; \quad (2.2)$$

$$\sum Q_{IIпов} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 + \sum Q_6 + \sum Q_7 + \sum Q_8 = 71900 \text{ Вт} = 72 \text{ кВт}.$$

Загальні теплові втрати першого та другого поверхів:

$$\sum Q = \sum Q_{Iп} + \sum Q_{IIп} = 22 + 72 = 92 \text{ кВт}. \quad (2.3)$$

2.2. Розрахунок теплових припливів у спортивному фітнес комплексі

В адміністративних, промислових та громадських будівлях додатковими джерелами тепла можуть виступати: присутні люди, система штучного освітлення, електротехнічні прилади, теплотехнічне обладнання тощо.

Під час визначення необхідної потужності опалювальної системи враховують лише явні тепловиділення. Їх величину обчислюють за наступною формулою:

$$Q_{я} = \beta_i \cdot \beta_{од} \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) \cdot (35 - t_n) \cdot N_{л}, \quad (2.4)$$

де β_i - коефіцієнт, який враховує інтенсивність виконуваної роботи: для легкої роботи $\beta_i = 1$; для середньої роботи $\beta_i = 1,07$; для важкої роботи $\beta_i = 1,15$;

$\beta_{од}$ - коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу: для звичайного одягу $\beta_{од} = 0,66$; для легкого одягу $\beta_{од} = 1$; для теплового одягу $\beta_{од} = 0,5$; [2]

$N_{л}$ – кількість людей у приміщенні.

При штучному освітленні на працюючому електричному виробничому обладнанні теплові виділення розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n, \quad (2.5)$$

де n – кількість лампочок

$N_{\text{ел}}$ – потужність освітлювальних приладів або силового обладнання, Вт

K – коефіцієнт, що враховує фактично витрачену потужність, одночасність роботи електричного обладнання, долю переходу електроенергії у теплоту, яка поступає у приміщення (в залежності від технологічного процесу $K = 0,15 \dots 0,95$)

I поверх:

а) Офіс:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,2}) (35 - 18) \cdot 19 = 1550 \text{ Вт.}$$

б) Буфет :

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,2}) (35 - 18) \cdot 17 = 2250 \text{ Вт;}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 10 = 300 \text{ Вт.}$$

в) Зал силовій підготовки:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,2}) (35 - 18) \cdot 30 = 4200 \text{ Вт;}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 15 = 450 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки першого поверху:

$$\sum Q_{\text{тепл. I пов}} = \sum Q_{\text{л}} + \sum Q_{\text{ел}} = 8750 \text{ Вт} = 8,75 \text{ кВт.}$$

II поверх:

а) Кімната інвентарю:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{н}}) N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,2}) (35 - 16) \cdot 1 = 90 \text{ Вт;}$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 1 = 20 \text{ Вт.}$$

б) Кімната старшого тренера:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1,7,1 \cdot 10 \cdot 6 = 400 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 6 = 105 \text{ Вт}.$$

в) Тренерська:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1 \cdot 0,66 \cdot 7,1 \cdot 17 \cdot 5 = 400 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 5 = 150 \text{ Вт}.$$

г) Тренажерний зал:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1,7,1 \cdot 17 \cdot 30 = 4200 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 30 = 900 \text{ Вт}.$$

д) Кімнати двох санвузлів та двох роздягалень представляємо у вигляді однієї:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,1 \cdot 7,1 \cdot 12 \cdot 10 = 850 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 10 = 210 \text{ Вт}.$$

ж) Зал спортивних занять:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,15 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 30 = 4000 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 25 = 750 \text{ Вт}.$$

з) Душові:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 1,07 \cdot 1,7,1 \cdot 10 \cdot 10 = 750 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 70 \cdot 6 = 130 \text{ Вт}.$$

к) Хол:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_n) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 10 = 900 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 10 = 300 \text{ Вт}.$$

л) Тамбур:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{п}}) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 7,1 \cdot 23 \cdot 2 = 215 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 4 = 120 \text{ Вт}.$$

м) Коридор:

$$Q_{\text{л}} = \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{V_k}) (35 - t_{\text{п}}) N_{\text{л}} = 0,66 \cdot 1 \cdot 7,1 \cdot 19 \cdot 5 = 400 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ел}} = K \cdot N_{\text{ел}} \cdot n = 0,3 \cdot 100 \cdot 5 = 150 \text{ Вт}.$$

Теплопритоки II поверху:

$$\sum Q_{\text{тепл. II пов}} = \sum Q_{\text{л}} + \sum Q_{\text{ел}} = 15040 \text{ Вт} = 15,04 \text{ кВт}.$$

Загальні теплопритоки першого та другого поверхів:

$$\sum Q_{\text{тепл}} = \sum Q_{\text{тепл. I пов}} + \sum Q_{\text{тепл. II пов}} = 8,75 + 15,04 = 23,8 \text{ кВт}.$$

З урахуванням:

$$Q_{\text{інф}} = 0,04 \sum Q = 0,04 \cdot 92 = 3,7 \text{ кВт}.$$

Таким чином, потужність системи опалення спортивного комплексу складе:

$$Q_{\text{сист. опал}} = \sum Q + Q_{\text{інф}} - \sum Q_{\text{тепл}} = 92 + 3,7 - 23,8 = 71,9 \text{ кВт}.$$

2.3. Розрахунок опалювальних приладів

В основі розрахунку покладена методика [10].

Стандартний тепловий потік з теплоносієм води, при якому проводяться теплові випробування опалювальних приладів:

$$\Delta t^{\text{сг}}_{\text{ср}} = t_{\text{ср}} - t_{\text{п}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{п}}, \quad (2.6)$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура води, що входить зверху у прилад, °С;

$t_{\text{вих}}$ – температура води, що виходить знизу, °С;

$t_{\text{п}}$ – температура повітря у приміщенні, °С

Розрахункова густина теплового потоку опалювальних приладів:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \cdot (\Delta t^{\text{ст}} / 70)^{1+n} \cdot (G_{\text{пр}} / 0,1)^p \cdot C_{\text{пр}}, \quad (2.7)$$

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна густина теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, Вт/м² (приймаємо по табл. 8.1 [2]);

$\Delta t^{\text{ст}}$ – температурний напір, який дорівнюється різниці напівсуми температур теплоносія на вході та на виході опалювального приладу температури повітря у приміщенні $\Delta t^{\text{ст}} = [0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{п}}]$, °С;

$G_{\text{пр}}$ – явна витрата води в опалювальному приладі, м/с;

n, p – експериментальні значення показників ступеня, наведені в табл. 8.1 [10];

$C_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, який враховує схему приєднання опалювального приладу та зміну показника ступеня p у різних діапазонах витрати теплоносія (приймаємо по табл. 8.1 [10])

Розрахункова площа опалювального приладу знаходиться:

$$F_p = (Q_{\text{потр}} - 0,9 \cdot Q_{\text{тр}}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{\text{пр}}, \quad (2.8)$$

де $Q_{\text{потр}}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

$Q_{\text{тр}}$ – сумарна тепловіддача відкрито прокладених у приміщеннях стояків, підводок, до яких приєднують прилад. На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять: $Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}}$;

$q_{\text{в}}$ та $q_{\text{г}}$ – тепловіддачі 1м вертикально та горизонтально прокладених труб, Вт/м, в залежності від їх діаметру та різниці температур ($t_{\text{г}} + t_{\text{в}}$);

$l_{\text{в}}$ та $l_{\text{г}}$ – довжина вертикальних та горизонтальних теплопроводів у приміщенні, м;

0,9 – коефіцієнт, що враховує долю теплового потоку від теплопроводів, корисну для підтримки температури повітря у приміщенні.

β_1 – коефіцієнт врахування доповнюючого теплового потоку встановлених опалювальних приладів (приймаємо по табл. 8.2 [2]);

β_2 – коефіцієнт врахування доповнюючих втрат теплоти опалювальними приладами у зовнішніх огорожень (приймаємо по табл. 8.3 [2]).

Розрахована кількість секцій чавунних радіаторів:

$$N_p = F_p \cdot \beta_4 / (f_1 \cdot \beta_3), \quad (2.9)$$

де f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції, m^2 , залежить від типу радіатора, прийнятого для встановлення у приміщенні (приймаємо по табл. 8.1 [2]);

β_4 – коефіцієнт, враховуючий засіб встановлення радіатора у приміщенні;

β_3 – коефіцієнт, враховуючий число секцій в одному радіаторі,
 $\beta_3 = 0,92 + 0,16 / F_p$.

I поверх:

а) всі приміщення, крім зали силової підготовки:

$$\Delta t_{cp}^{ct} = t_{cp} - t_n = 0,5(t_{bx} + t_{вих}) - t_n = 0,5 \cdot (85 + 65) - 19 = 56^\circ C;$$

$$q_{пр} = q_{ном} \cdot (\Delta t_{cp}^{ct} / 70)^{1+n} \cdot (G_{пр} / 0,1)^p \cdot C_{пр} = 758 \cdot (56 / 70)^{1,03} \cdot (0,1 / 0,1)^0 \cdot 1 = 600 \text{ Вт/м}^2.$$

Вибираємо радіатори чавунні секційні типу MC-140-108

$f_1 = 0,25 m^2$ – площа поверхні нагріву;

$q_{ном} = 758 \text{ Вт/м}^2$ номінальна густина теплового потоку;

Схема приєднання приладу зверху донизу;

$G_{пр} = 0,015 - 0,149 \text{ кг/с}$ витрата теплоносія крізь прилад;

$n = 0,3$; $p = 0$; $C_{пр} = 1$ (по табл. 8.1 [10]);

$$F_p = (Q_{потр} - 0,9 \cdot Q_{тр}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{пр} = (71900 - 64700) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 602,4 = 12,6 m^2;$$

$$N_p = F_p \cdot \beta_4 / (f_1 \cdot \beta_3) = 12,6 \cdot 1,12 / (0,25 \cdot 0,920) = 63,5.$$

Приймаємо $N_{уст} = 64$ секції

б) зал силової підготовки:

$$\Delta t_{cp}^{ct} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^\circ C;$$

$$q_{пр} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot 1^0 \cdot 1 = 620 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F_p = (71900 - 66750) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 8,9 m^2;$$

$$N_p = 8,9 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 44,4.$$

У залі силової підготовки приймаємо $N_{уст} = 45$ секцій.

II поверх:

а) всі приміщення, крім зали спортивних занять:

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{ст}} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^{\circ}\text{C};$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot 1^0 \cdot 1 = 613,4 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F_p = (71900 - 61000) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 20 \text{ м}^2;$$

$$N_p = 20 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 100.$$

Приймаємо $N_{\text{уст}} = 100$ секцій.

б) зал спортивних занять:

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{ст}} = 0,5 \cdot (85 + 65) - 18 = 57^{\circ}\text{C};$$

$$q_{\text{пр}} = 758 \cdot (57 / 70)^{1,03} \cdot (0,1 / 0,1)^0 \cdot 1 = 620 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F_p = (71900 - 6150) \cdot 1,02 \cdot 1,02 / 613,4 = 19 \text{ м}^2;$$

$$N_p = 19 \cdot 1,12 / (0,244 \cdot 0,920) = 97,8.$$

У залі спортивних занять приймаємо $N_{\text{уст}} = 98$ секцій.

2.4. Гідравлічний розрахунок системи опалення спортивного комплексу

Методика гідравлічного розрахунку теплопроводів системи водяного опалення запозичена з [2, 3]. Перед проведенням розрахунків складають аксонометричну схему системи опалення із зазначенням усіх елементів запірно-регулювальної арматури.

Побудову схеми виконують після того, як визначено теплову потужність системи, обрано тип та кількість опалювальних приладів для кожного приміщення, а також нанесено на поверхові плани будівлі розташування приладів, гарячих і зворотних стояків. На планах горища та підвалу відображають подаючі та зворотні магістралі.

У кресленнях поверхів, горища й підвалу гарячі та зворотні стояки повинні мати нумерацію. На аксонометричній схемі, крім нумерації стояків, позначають усі розрахункові ділянки циркуляційних кілець, вказують довжину кожної

ділянки та теплове навантаження на неї. Сумарна довжина таких ділянок утворює розрахункове циркуляційне кільце.

Визначають головне циркуляційне кільце. У двотрубних системах ним є контур, що проходить через нижній прилад найбільш віддаленого стояка. За потреби додатково вибирають допоміжне кільце та виконують його ув'язку з головним.

Розрахунковий циркуляційний тиск, кПа:

$$P_p = 1,1 \cdot (\Delta P_{c.o} + 0,4 P_E), \quad (2.10)$$

де $\Delta P_{c.o}$ – витрати тиску у системі опалення, кПа;

P_E – природний максимальний тиск, кПа:

$$P_E = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{\max \text{ пр}} - H_{\text{дт}}), \text{ кПа}, \quad (2.11)$$

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

β – середнє прирощення об'ємної маси води при її охолодженні на 1°C
 $\beta = 0,624 \text{ кг/м}^3\text{K}$;

$H_{\max \text{ пр}} = +3,7 \text{ м}$ – відмітка опалювального приладу віддаленого від джерела тепла;

$H_{\text{дт}} = 0,2 \text{ м}$ – відмітка джерела тепла при $\Delta t = 20^\circ\text{C}$.

$$P_E = 0,122(H_{\max \text{ пр}} - H_{\text{дт}}) = 0,122(3,72 - 0,2) = 0,43 \text{ кПа} = 430 \text{ Па}.$$

Система опалення повинна бути запроектована так, щоб

$$\Delta P_{c.o} > A \cdot P_E / z,$$

де $A = 7$ – для двотрубних систем;

z – кількість відособлених зон, $z = 1$.

Величина мінімального гідравлічного тиску:

$$\Delta P_{c.o \text{ min}} = 7 \cdot 0,43 / 1 = 3,0 \text{ кПа}. \quad (2.12)$$

Тоді циркуляційний тиск:

$$P_p = 1,1 \cdot (3 + 0,4 \cdot 0,43) = 3,5 \text{ кПа}.$$

При розрахунку за методом питомих втрат тиску для вибору діаметрів теплопроводів визначають середнє значення питомого падіння тиску по головному циркуляційному кільцю.

$$R_{cp} = (1 - k) \cdot \Delta p_p / \sum l, \quad (2.12)$$

де k – коефіцієнт, що враховує долю втрати тиску на місцеві опори від загальної величини розрахункового тиску;

$\sum l$ - загальна довжина розрахункового циркуляційного кільця, м;

Δp_p - розрахунковий циркуляційний тиск, Па.

$$R_{cp} = (1 - 0,35) \cdot 3500 / 65 = 34 \text{ Па/м.}$$

Визначають витрати води на систему опалення:

$$G = 3,6 \cdot 10^3 \cdot Q / (c \cdot \Delta t), \quad (2.13)$$

де c – теплоємність води;

Q – теплове навантаження системи, Вт.

$$G = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 24 / (4,187 \cdot 20) = 1030 \text{ кг/год.}$$

Циркуляційний тиск кільця:

$$\Delta p_p = \sum (R \cdot l + z) n - 0,4 \cdot h \cdot (\rho_o - \rho_r);$$

$$\Delta p_p = 22500 \text{ Па.}$$

Середнє значення питомої лінійної втрати тиску:

$$R_{cp} = 0,65 \cdot 22500 / 38 = 380 \text{ Па/м.}$$

Визначення коефіцієнтів місцевих опорів окремих ділянок головного циркуляційного кільця.

Ділянка 1: радіатор – 1 шт. $\xi=2$;
 відвід $\varnothing 15$ 3 шт. $\xi = 2$;
 кран подвійного регулювання 4шт. $\xi=4$,
 $\sum \xi = 12$.

Ділянка 2: трійник на прохід 1 шт. $\xi= 1$,
 $\sum \xi = 1$.

- Ділянка 3: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 4: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 5: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$;
 відвід 1 шт. $\xi = 1$;
 вентиль 1 шт. $\xi = 3$,
 $\sum \xi = 5$.
- Ділянка 6: відвід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 7: трійник на звороті 1 шт. $\xi = 1,5$;
 відвід 2 шт. $\xi = 1$;
 вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$,
 $\sum \xi = 6$.

Ділянки 8...14 аналогічні ділянкам 1...7.

Визначення коефіцієнтів місцевих опорів допоміжного кільця (перший поверх).

- Ділянка 1: радіатор – 1 шт. $\xi = 2$;
 відвід $\varnothing 15$ 2 шт. $\xi = 2$;
 кран подвійного регулювання 1 шт. $\xi = 4$,
 $\sum \xi = 10$.
- Ділянка 2: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 3: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 4: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$,
 $\sum \xi = 1$.
- Ділянка 5: трійник на прохід 1 шт. $\xi = 1$;
 вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$,
 $\sum \xi = 3,5$.

Ділянка 6: трійник на звороті 1 шт. $\xi = 1,5$;
 відвід 2 шт. $\xi = 1$;
 вентиль 1 шт. $\xi = 2,5$,
 $\sum \xi = 6$.

Отримані результати заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Результати гідравлічного розрахунку

№ діл.	q Вт	G кг/год.	d мм	l _в м	ξ	v м/с	R Па/м	R l Па	Z Па	Rl+z Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3730	160	15	4	12	0,22	80	320	341	661
2	6390	274	15	5,5	1	0,40	220	1210	79	1289
3	9050	389	20	3,5	1	0,31	90	315	47	362
4	10640	457	20	3	1	0,34	110	330	57	386
5	14370	617	20	4,5	5	0,47	200	920	544	1464
6а-б	14370	617	20	1	1	0,47	200	200	109	308
7	23920	1027	20	9	6	0,79	550	4950	1889	6839
8	23920	1027	20	9	6	0,79	550	4950	1889	6839
9а-б	14370	617	20	4,5	1	0,47	200	920	109	1029
10	14370	617	20	3	5	0,47	200	600	544	1144
11	10640	457	20	3	1	0,34	110	330	57	387
12	9050	389	20	3,5	1	0,31	90	315	47	362
13	6390	274	15	5,5	1	0,40	220	1210	79	1289

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	3730	160	15	4	12	0,24	80	320	341	661
Допоміжне кільце (перший поверх)										
1	1910	82	15	4	10	0,12	24	96	71	167
2	3820	164	15	3	1	0,24	80	240	28	268
3	5730	246	15	4	1	0,36	180	720	64	784
4	7640	328	15	2	1	0,48	320	640	113	753
5	9550	410	15	1	3,5	0,61	500	500	642	1142
6	23920	1027	25	9	6	0,50	180	1620	765	0000
7	23920	10271	25	9	6	0,50	180	1620	765	2385
8	9550	410	15	2	3,5	0,61	500	1000	642	1142
9	7640	328	15	2	1	0,48	320	640	113	753
10	5730	246	15	4	1	0,36	180	720	64	794
11	3820	164	15	3	1	0,24	80	240	28	268
12	1910	82	15	4	10	0,12	24	96	71	167

Нев'язка = $(22450 - 20260) \cdot 100 / 22450 = 9,2\%$.

Умова виконується.

2.5. Підбор циркуляційного нагнітача

Тиск циркуляційного нагнітача, кПа:

$$P_H = 1,1 (\Delta P_{c.o} - 0,4 P_E), \quad (2.14)$$

де $\Delta P_{c.o}$ – гідравлічний тиск, втрата тиску у системі опалення. Па;

P_E – природний тиск, Па.

$$P_H = 1,1 \cdot (2,3 - 0,4 \cdot 0,43) = 2,3 \text{ кПа.}$$

Витрата нагнітача:

$$V = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o}}{c \cdot (t_r - t_x) \cdot \rho} = \frac{3,6 \cdot 71900}{4,19 \cdot (85 - 65) \cdot 980} = 3,13 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.15)$$

де $Q_{c.o}$ – потужність системи опалення, Вт;

c – теплоємність води;

ρ – густина води при температурі $t = 65^\circ\text{C}$;

t_r, t_x – температура води на подачі та звороті.

Продуктивність циркуляційного нагнітача, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$g = \frac{Q_{c.o}}{(t_r - t_x) \cdot \rho} = \frac{71900}{(85 - 65) \cdot 980} = 3,66 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.16)$$

вибираємо циркуляційний нагнітач – марки 32PO_e120A/B з каталогу PO_e system Grundfos. [4].

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМ СПОРТИВНОГО ФІТНЕС КОМПЛЕКСУ

3.1. Система вентиляції спортивної зали

3.1.1. Розрахунок повітроводу

Схема повітроводу представлена на кресленні.

Методика розрахунку взята з [9] за ДБН В.2.2-13-2003 (спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди) приймаю кратність обміну повітря $80\text{м}^3/\text{год.}$ на кожного відвідувача. Кратність обміну однакова для притоку та витяжки.

Витрата повітря $\text{м}^3/\text{год.}$:

$$L = n \cdot N = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (3.1)$$

де n – кратність обміну, $\text{м}^3/\text{г.}$;

N – кількість відвідувачів.

Приймаємо у спортзалі три системи з витратою повітря по $800 \text{ м}^3/\text{год.}$

Повітровід вибираємо сталевий, круглий з діаметром 315 мм (табл. 4.45 [9]).

Визначаємо переріз повітроводу, м^2 :

$$f = L / (3600 \cdot v) = 800 / (3600 \cdot 4) = 0,06 \text{ м}^2, \quad (3.2)$$

де v – швидкість повітря у повітроводі, м/с.

Витрати тиску на ділянці, Па.

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot v^2 \frac{\rho}{2} = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho L^2}{2 g v^2} = \xi' A L^2 = S L^2 = 20 \text{ Па}, \quad (3.3)$$

$$\text{де } \xi' = \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi = 0,085 \cdot 8 + 3,2 = 3,9 \text{ Па.}$$

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

$$A = \frac{\rho}{2 g v^2} = 7,61 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{год}^2 / \text{м}^6 \quad (\text{табл. 4.45 [9]}); \quad (3.4)$$

$$S = A \cdot \xi' = 7,61 \cdot 10^6 \cdot 3,88 = 29,5 \cdot 10^6 \text{ Па}^2 \cdot \text{год}^2 / \text{м}^2. \quad (3.5)$$

Реальна швидкість у повітроводі, м/с.

$$V = \frac{L}{gv} = \frac{800}{280} = 2,8 \text{ м/с}, \quad (3.6)$$

де d - внутрішній діаметр розрахункової ділянки, м;

l – довжина розрахункової ділянки, м;

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевого опору;

v – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – густина повітря, кг/м³;

ξ' - приведений коефіцієнт місцевих опорів розрахункової ділянки;

A – питомий швидкісний тиск, Па·год²/м⁶, що виникає при проходженні по повітроводу 1 м³/год. повітря;

S – питома гідравлічна характеристика ділянки трубопроводу Па·год²/м⁶, дорівнюється витраті тиску при витраті повітря 1 м³/год;

g_v – питома витрата повітря у повітроводі, с · м³/год.

За каталогом обираємо обладнання системи вентиляції

шумоглушник LDC 3154 $\Delta p = 10$ Па;

фільтр FGR 3154 $\Delta p = 50$ Па;

Кількість тепла та нагрів припливного повітря, Вт:

$$Q = 0,287 \cdot G \cdot C_B \cdot (t_K - t_H), \quad (3.7)$$

де G – витрата повітря у приміщенні, м³/год;

C_B - теплоємність повітря:

$$Q = 0,287 \cdot 800 \cdot 1 \cdot (19 - (-20)) = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

Обираємо нагрівач СВ/3154 $\Delta p = 100$ Па.

Сумарні витрати тиску у повітроводі, Па:

$$\Delta p = 20 + 160 = 180 \text{ Па}$$

Обираємо тип вентилятору за каталогом.

Витрата вентилятору 200 Па:

Потужність 0,18 кВт

Напруга 230 В

Приймаємо, що повітря виводиться з приміщення спортзалу крізь витяжні шахти. Також приймаємо для витяжної системи три вентилятори марки TFE-400-4 на даху з витратою повітря по 800 м³/год. кожний.

Потужність 0,48 кВт; напруга 230 В.[6]

3.2. Розробка калорифера для припливної системи вентиляції

3.2.1. Опис калорифера

Система опалення спортивного комплексу реалізується шляхом подачі теплого повітря, яке попередньо нагрівається в калориферах. Для визначення необхідного обсягу подачі повітря та розрахунку теплової потужності калориферів виконується аналіз теплових втрат будівлі.

Калорифери використовуються для нагрівання повітря у системах вентиляції та повітряного опалення. Згідно з вимогами ДСТУ 7201-94 та ДСТУ 7202-95, їх виготовляють у двох конструктивних виконаннях: середнього розміру — марки КФС, КМС, КФСО та великого — КФБ, КМБ, КФБО, КВБ. Моделі КФСО та КФБО мають ребра, а інші виконані у пластинчастому варіанті.

За принципом руху теплоносія калорифери можуть бути одноходовими або багатоходовими, що визначає їхню теплотехнічну ефективність і сферу застосування.

3.2.2. Розрахунок калорифера [11]

Кількість повітря, що подається до приміщень, дорівнює кількості повітря, що видаляється з приміщень спортивного залу місцевою вентиляцією.

$$V = 8049 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{1,127 \cdot 8049}{3600} = 2,52 \text{ кг/с},$$

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ густина повітря.

Витрати теплоти, що видаляється з повітрям місцевою вентиляцією:

$$Q_{\text{MB}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}}) = 2,52 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20) = 114901,8 \text{ Вт} \quad (3.8)$$

Загальне навантаження на калорифери:

$$Q_3 = Q_{\text{MB}} + Q_{\text{ц}} = 114901,7 + 29831,23 = 251694,3 \text{ Вт}, \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{ц}} = 29831,23 \text{ Вт}$ – загальні теплові втрати по приміщенням.

Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}})} = \frac{251694,1}{1,2 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20)} = 5,54 \text{ кг/с}, \quad (3.10)$$

Витрата води на калорифери:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_3}{C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{251694,1}{4,1868 \cdot 10^3 \cdot (18 + 20)} = 2,5 \text{ кг/с}, \quad (3.11)$$

3.2.3. Підбір калориферів для системи вентиляції

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_3}{k(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})} = \frac{251694,1}{24,7 \cdot (65 - 17,5)} = 214,7 \text{ м}^2, \quad (3.12)$$

де $t_{\text{ср т}}, t_{\text{ср в}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ визначається за формулою:

$$k = 20,8 \cdot \omega \rho^{0,381} \cdot \omega_{\text{т}}^{0,178} = 20,8 \cdot 3^{0,381} \cdot 0,25^{0,178} = 24,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}), \quad (3.13)$$

де $\omega \rho$ – масова швидкість повітря приймається для пластинчатих калориферів рівною $7 \dots 12 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ і $3 \dots 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ для ребристих;

$\omega_{\text{т}} = 0,25 \text{ м/с}$ – швидкість води в трубках калорифера.

Для підігріву повітря використовуємо калорифер з наступними характеристиками:

Характеристики калорифера для системи вентиляції

Площа поверхні нагріву, м ²	Площа живого перерізу, м ²		Габарити, мм		Діаметр штуцера, мм	Маса, кг
КФБО	По повітрю	По теплоносію	Довжина	Ширина		
26,88	0,182	0,0135	750	640	50	99,8

Якщо технічна характеристика калорифера, що розраховується відома, масова швидкість повітря в калорифері $\omega\rho$, кг/(м²·с) визначається із виразу:

$$\omega\rho = \frac{G_3}{f}, \quad (3.14)$$

де G_3 – витрати повітря через систему, кг/с;

f – переріз калорифера для проходу повітря, м².

$$\omega\rho = \frac{5,52}{0,182 \cdot 10} = 3,04 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)},$$

де 10 – кількість секцій калорифера, шт.

Опір руху повітря в калорифері:

$$H_k = 3,28 \cdot \omega\rho^{2,01} = 3,28 \cdot 3,03^{2,01} = 30,7 \text{ [Па]}$$

За результатами розрахунку системи підбираємо необхідний припливний вентилятор[5, 12].

Подача, необхідна для системи вентилятора $Q = 8049 \text{ м}^3/\text{год}$.

Напір вентилятора $H = 30,5 \text{ Па}$.

За каталогом підбираємо вентилятор ВР86-77-4:

Подача вентилятора $1200 \text{ м}^3/\text{год}$.

Напір на всмоктуванні 75 Па .

Потужність двигуна вентилятора $0,18 \text{ кВт}$.

Типорозмір двигуна вентилятора АІР63А6.

Маса вентилятора

46,2 кг.

3.3. Системи холодного та гарячого водопостачання спортивного комплексу

У приміщеннях спортивного комплексу передбачено господарчо-питний водопровід та систему гарячого водопостачання. Джерелом теплової енергії для підігріву води служить котел, розташований у топковій. Монтаж трубопроводів виконується із сталевих водогазопровідних труб відповідно до вимог ДСТУ 3262-95.

Стояки водопостачання у місцях проходів крізь міжповерхові перекриття розміщують у захисних гільзах із покрівельної сталі. Верхній край гільзи виступає над рівнем бетонного перекриття на 20...30 мм.

У склад системи водопостачання входять такі елементи:

- поворотні затвори для перекриття потоку;
- повітряні клапани для випуску повітря під час заповнення та зливу трубопроводів;
- клапани для стравлювання або запобігання потраплянню повітря;
- спускові випуски для зливу води з мережі;
- компенсатори для зменшення температурних деформацій;
- монтажні вставки;
- регулятори тиску.

Магістральні водоводи та розподільчі лінії запроектовані з ухилом 0,001 у бік випуску, що забезпечує ефективний злив води з системи.

3.3.1. Розрахунок витрати води для гарячого водопостачання

Гаряче водопостачання призначене для подачі у приміщення гарячої прісної води певних визначених параметрів.

Методика розрахунку взята з ДБН.В. 25-64:2012 [7].

Середня тижнева витрата тепла, Вт:

$$Q_{\Gamma}^{cep} = \frac{a \cdot m \cdot c \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi})}{\kappa_c} = \frac{180 \cdot 25 \cdot 4,2 \cdot (85 - 5)}{16} = 94500 \text{ Вт} = 94,5 \text{ кВт}, \quad (3.15)$$

де a – норма гарячої води на одного споживача, л/добу;

m – кількість споживачів;

c – теплоємність води, кДж/(кг·°C)

t_r – температура гарячої води на теплопостачанні, °C;

t_x – температура холодної води, яка приймається узимку 5 °C;

k_c – час подачі гарячої води протягом доби, год.

Середня витрата тепла на гаряче водопостачання за добу найбільшого водовикористання:

$$Q_{r, \text{серед.доби}}^{серед} = X_c \cdot Q_r^{серед} = 1,2 \cdot 94,5 = 113,4 \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

де X_c – коефіцієнт нерівномірності використання води за добу.

Розрахункова максимальна годинна витрата гарячої води:

$$Q_r^p = X_4 \cdot X_c \cdot Q_r^{серед} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 94,5 = 56,7 \text{ кВт}. \quad (3.17)$$

Діаметри труб для гарячого водопостачання приймаємо 16×2,2; 25×2,5 та 40×5,6 мм.

3.3.2. Холодне водопостачання

Система внутрішнього водопроводу складається з введів, вodomірних вузлів, стояків, а також запірної та регулюючої арматури. Вимоги до проектування та монтажу таких мереж регламентуються ДБН В.2.5-64:2012.

Водопровід виконаний за схемою з нижньою розводкою, при цьому розподільна магістраль розташована у підвальному приміщенні.

Для облаштування мереж використано сталеві оцинковані труби діаметром 20 та 16 мм, а також неоцинковані труби діаметром 40 мм. Стояки та розвідні лінії прокладені в панельних та блочних конструкціях, а також у санітарно-технічних кабінах. Відкрите прокладання стояків та розводок здійснюється лише у приміщеннях санітарного призначення — вбиральнях, душових, санвузлах та кухні буфета.

У разі прихованого прокладання труб у стінах передбачене виконання борозен із подальшим штукатуренням; у місцях встановлення запірної арматури облаштовуються ревізійні дверцята.

На кожному вводі внутрішньої водопровідної мережі передбачено встановлення запірної арматури вентильного типу.

Нормативна витрата води становить:

- для душових сіток — 500 л/год на одну сітку;
- для умивальників — 200 л/год на один кран.
-

3.4. Підбір джерела теплопостачання для спортивного комплексу

$$Q_{дж} = Q_{о.с} + Q_{вент} + Q_{гар.в} + Q_{під.оп}, \quad (3.18)$$

де $Q_{о.с}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

$Q_{вент}$ - потужність вентиляційної системи, Вт;

$Q_{гар.в}$ – витрата теплоти для гарячого водопостачання, кВт;

$Q_{під.оп}$ - теплова потужність на підлогове опалення, кВт.

$$Q_{дж} = 71,9 + 9 + 56,7 + 85 = 222,6 \text{ кВт.}$$

У даному проєкті як джерело теплопостачання передбачено використання модуля нагріву МН потужністю 240 кВт. Конструкція модуля включає шість теплогенерувальних елементів, кожен із яких має теплову потужність 40 кВт.

Пристрій обладнаний системою автоматизованого керування та комплексом засобів безпеки. Опалювальні елементи розташовані вертикально один над одним та під'єднані паралельно як по водяному, так і по газовому контуру.

Кожен теплогенератор оснащений пальником і мінінасосом, що забезпечує власну циркуляцію теплоносія в межах модуля. Температура нагріву води може досягати 95 °С. Коефіцієнт корисної дії установки становить не менше 90 % і зберігається на цьому рівні навіть при частковому навантаженні.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПІДЛОГОВОГО ОПАЛЕННЯ СПОРТИВНОЇ ЗАЛИ

4.1. Переваги системи «тепла підлога»

Останнім часом значного поширення набули системи підлогового опалення типу «тепла підлога», що пояснюється їх численними перевагами. Такий спосіб обігріву створює оптимальні умови теплового комфорту завдяки великій частці приємного для людини інфрачервоного випромінювання, яке становить 50...70 % загального теплового потоку. Поєднання променистого обігріву з повільною природною конвекцією вважається одним із найефективніших технічних рішень для підтримання комфорту.

Водяна тепла підлога відрізняється від традиційного радіаторного опалення насамперед способом розподілу тепла. Як теплоносієм використовується вода, що циркулює в замкненому контурі труб. Вона має високу теплоємність, може нагріватися від різних джерел енергії, є безпечною та екологічно чистою. Робочі температури системи зазвичай невисокі (оптимальні параметри на подачі/звороті – 55/45 °C), що дозволяє мінімізувати тепловтрати під час транспортування теплоносія.

Практика показує, що завдяки рівномірному нагріванню всієї поверхні підлоги у приміщенні досягається стабільний горизонтальний розподіл температур і наближений до ідеального вертикальний профіль. При цьому повітря залишається оптимально зволженим, а кількість пилу в русі зводиться до мінімуму. Система повністю прихована, не займає корисної площі та гармонійно вписується у сучасний інтер'єр.

На відміну від електричних теплих підлог, водяні варіанти не створюють додаткових електромагнітних полів. Крім того, вони забезпечують суттєву економію теплової енергії — у середньому 20...30 % у житлових будівлях та до 50 % у приміщеннях з високими стелями.

У рамках цього проекту для спортивного залу пропонується система водяної теплої підлоги, адже під час тренувань люди часто виконують вправи

лежачи або сидячи на підлозі, і комфортна температура поверхні є критично важливою. Як трубопровід запропоновано використати труби AQUATHERM з полібутену діаметром 18×2,5 мм і загальною довжиною 290 м. Вони відзначаються гладкою внутрішньою поверхнею, стійкістю до корозії та хімічних впливів, низькою теплопровідністю й звукопровідністю, що гарантує безшумну роботу системи. Термін служби таких труб становить понад 50 років.

Відповідно до вимог щодо енергозбереження, опалювальні установки повинні мати автономне регулювання температури в кожному приміщенні. Для «теплої підлоги» це часто реалізується через окремі контури з можливістю зворотного змішування, що дозволяє враховувати зміну зовнішньої температури. Рекомендовано також програмувати зниження температури у нічний час, враховуючи інерційність системи (1,5–3 години).

Обов'язковим елементом є захист від перегріву — зазвичай це накладні термостати, які при досягненні критичної температури (60 °C) вимикають циркуляційний насос або перекривають змішувальний клапан, після чого вмикається гравітаційне гальмо чи зворотний клапан.

4.2. Вибір обладнання системи «тепла підлога»

У проектувану систему пропонується інтегрувати електротермічний сервопривід, що працює від мережі 230 В. Це регулюючий елемент, сумісний із вентилями контурів нагріву, виконаний із жаростійкого та ударостійкого полімерного матеріалу. Пристрій має підвідний кабель довжиною 1 м, а компактні габарити дають змогу безперешкодно монтувати його у розподільний колектор. Сервопривід забезпечує плавне відкриття та закриття потоку теплоносія: після подачі напруги, приблизно через 2–3 хвилини, система електронагріву викликає розширення робочого елемента, що призводить до відкриття клапана; закриття відбувається автоматично після зняття напруги за рахунок охолодження.

Керування температурним режимом передбачає встановлення термостата з таймером, оснащеного функцією автоматичного зниження температури у

нічний час. Основні технічні характеристики термостата: живлення 230 В, частота 50 Гц, номінальний струм 10 А.

Для зручності підключення сервоприводів до термостата використовується розподільний модуль на 230 В, що забезпечує:

- чітку ідентифікацію виходів;
- впорядковану прокладку кабелів;
- можливість під'єднання до 6 кімнатних термостатів і до 12 сервоприводів;
- захист від перевантаження та перенапруги;
- компактний монтаж у розподільних шафах без зайвих кабельних переплетень.

Наступним ключовим вузлом є колектор розподілу контурів підігріву підлоги. Його корпус виготовлено з високоякісної латунної труби MS 63, оснащено різьбленням для герметичних з'єднань, заглушок, запірної арматури та кранів для випуску повітря. Конструкція включає шарові крани на подаючих і зворотних магістралях, а також звукоізовані оцинковані кронштейни (відповідно до DIN 4109).

Клапани подаючого трубопроводу захищені ковпачками, але за потреби можуть бути оснащені електротермічними сервоприводами. Гідравлічне балансування контурів здійснюється регульовальними клапанами на зворотній лінії. У даному проекті передбачено 4 окремі контури опалення; довжина колектора — 400 мм, а з центральним вузлом — 485 мм.

Все обладнання розміщується у металевій розподільній шафі **Aquatherm “Universal”** для прихованого монтажу. Шафа виготовлена з гарячеоцинкованої сталі, обладнана S-подібними кріпленнями з можливістю регулювання у вертикальному та горизонтальному напрямках, висувною рамою з дверцятами (покриття — білий лак RAL 9010), регульованою по висоті планкою основи та отворами для труб з обох боків.

Габаритні параметри шафи:

- висота — 700...850 мм;
- ширина — 550 мм;

- глибина — 110...150 мм;
- ніжки з регулюванням до 60 мм, які одночасно виконують функцію опор.

4.3. Розрахунок системи «тепла підлога»

Методика для розрахунку взята з каталогу «Теплі підлоги» фірми «Акватерм» [9].

Відкоректоване споживання тепла:

$$Q_{Ber} = Q_N - q_{FB} = 72 - 8 = 64 \text{ кВт}, \quad (4.1)$$

де Q_N – стандартне споживання тепла, кВт;

q_{FB} – потік тепла, що проходить крізь підлогу.

Верхнє покриття підлоги виявляє значну дію на густину теплового потоку, що виходить з системи нагріву підлоги. Опір покриття підлоги теплопередачі залежить від властивостей матеріалів. ($R_{\lambda b} = 0,105 \text{ м}^2\text{К/Вт}$).

Допустима площа для кожного нагрівального контуру в залежності від розподілу між трубами (VA75) складає $9,6 \text{ м}^2$.

Перед розподільником контурів нагріву прокладають на дуже близькій відстані труби, що відводять. Оскільки ці трубопроводи також виділяють тепло, температура поверхні при даних умовах може стати вище припустимого значення. Тому відповідна частина пов'язаних трубопроводів повинна бути покрита ізолюваним матеріалом.

Теплова потужність опалення:

$$q' = B \cdot \alpha_B \cdot \alpha_T^{M_T} \cdot \alpha_y^{M_y} \cdot \alpha_d^{M_d} \cdot \Delta v_n, \quad (4.2)$$

де B – дія матеріалу труб, товщини стінок труб та покриття труб на густину теплового потоку;

α_B – коефіцієнт покриття підлоги;

α_T – коефіцієнт розподілу;

α_y – коефіцієнт захисного шару;

α_d – коефіцієнт зовнішнього діаметру труби;

Δv_n – надмірна температура теплоносія.

$$M_T = 1 - T/0,075; \quad (0,050 \leq T \leq 0,37\text{м});$$

$$M_y = 100(0,045 - S_y); \quad (S_y \leq 0,015 \text{ м});$$

$$M_d = 250(D - 0,020); \quad (0,012 \leq D \leq 0,030\text{м}).$$

$$q' = 6 \cdot 10^{-13} \cdot 20 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 24 = 85 \text{ кВт}.$$

Надмірна температура теплоносія Δv_n розраховується як логарифмічна функція з температури трубопроводу, що подає v_v , температури трубопроводу, що відводить, v_R та температури приміщення спортзалу v_i . Так виконується врахування дії різниці температур:

$$\Delta V_H = \frac{V_v - V_R}{\ln \frac{V_v - V_i}{V_R - V_i}} = \frac{60 - 30}{\ln \frac{60 - 18}{30 - 18}} = 25^\circ\text{C}. \quad (4.3)$$

Друга умова комфортності виконується (до 33°C).

Температура трубопроводу, що подає 60°C ; зворотного 30°C .

Температура у спортивному залі прийнята згідно норм для спортивних будівель і дорівнюється 18°C .

Розрахункова густина теплового потоку:

$$Q_H = (1 + \chi) \cdot Q_N. \quad (4.4)$$

Як правило, розрахунковий коефіцієнт $\chi=0$, якщо збільшення міцності тепла можливе за рахунок збільшення температури теплоносія.

$$Q_H = (1 + 0) \cdot 72 = 72 \text{ кВт}.$$

Розрахункова густина теплового потоку ідентична тепловому потоку, який необхідний для покриття теплової потужності.

По закінченні розрахунку системи опалення «тепла підлога» зробимо перевірку. За даними таблиці, яка приведена у каталогу Акватерм (система теплих підлог) знаходимо теплову потужність за своїми даними. Вона дорівнює розрахованій тепловій потужності.

4.4. Структура та організація підпідлогового опалення

Водяні системи опалення підлогою являють собою багатошарову конструкцію, що монтується на бетонну основу або дерев'яні перекриття. Вони повинні відповідати вимогам щодо теплоізоляції, звукоізоляції та міцності. Для фітнес-центру з наливними бетонними підлогами передбачено застосування підлогового опалення за технологією «м мокрої укладки». Конструкція включає такі шари: бетонна плита, гідроізоляційний прошарок, тепло- та звукоізоляція, плівка, трубопроводи, бетонна стяжка, цегляний вирівнювальний шар і фінішне покриття. Бетон, як матеріал з високою теплопровідністю, слугує ефективним розподільником тепла по всій площі підлоги.

Для укладання труб обрано схему спірального типу («завиток»), яка вважається найбільш ефективною завдяки рівномірному розподілу тепла. При такій схемі подаючі та зворотні трубопроводи розташовують поруч, що мінімізує різницю температур між ділянками підлоги.

Крок між трубами прийнято 50 мм. Вони розміщуються на теплоізоляційному шарі, підключаються до центральної системи опалення та заповнюються теплоносієм під тиском. Фіксація труб у контурах виконується за допомогою арматурної сітки та дроту, що не лише спрощує монтаж, а й підвищує міцність стяжки завдяки армуванню. Це також гарантує повне занурення труб у бетон, забезпечуючи максимальну тепловіддачу.

Система функціонує через подаючий і зворотний колектори, при цьому кожен контур підключений і контролюється з обох кінців. Регулювання температури в приміщеннях здійснюється термостатами та виконавчими механізмами, які працюють за принципом двопозиційного керування потоком теплоносія.

Таким чином, підлогові водяні системи опалення створюють комфортний мікроклімат і сприяють підтриманню здорових умов у будь-яких приміщеннях, поєднуючи екологічність та енергоефективність.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, що спрямовані на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Завдання охорони праці – звести до мінімуму ймовірність нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві при максимальній продуктивності.

Законодавство про охорону праці

Законодавство про охорону праці складається з Закону України про охорону праці, Кодексу законів про працю в Україні та різних нормативних актів.

Законодавство України про охорону праці передбачає права громадян на охорону праці при укладенні трудового договору під час роботи на підприємстві, соціальне страхування від нещасних випадків та професійних захворювань, а також право працівників на пільги та компенсації за тяжкі та шкідливі умови праці.

Закони України зобов'язують власників підприємств на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або роботах, що виконуються при несприятливих температурних умовах, видавати працівникам безкоштовно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також миючі та знешкоджуючі засоби.

Згідно з законами України питання охорони праці регулюються у колективному договорі. Він передбачає забезпечення працівників соціальними гарантіями у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи по досягненню встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища,

підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадків виробничого травматизму, професійних захворювань та аварій.

Законом передбачається дотримання умов щодо охорони праці при проектуванні, будівництві та реконструкції підприємств, об'єктів та засобів виробництва. Всі ці об'єкти, технологічні процеси мають відповідати нормативним актам про охорону праці. Закон забороняє здавати до експлуатації нові та реконструйовані об'єкти виробничого та соціально-культурного призначення, виготовлення та передавання у виробництво зразків нових машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, впровадження нових технологій без дозволу органів державного нагляду.

Законодавство встановлює порядок проходження навчання з питань охорони праці. Статті закону зобов'язують працівників при прийнятті на роботу та в процесі роботи проходити інструктаж з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, встановлюють правила поведінки при виникненні аварій згідно з типовим положенням, затвердженим Державним комітетом України по нагляду за охороною праці. Працівники, що зайняті на роботі з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні проходити попереднє спеціальне навчання. Один раз на рік перевіряються їх знання відповідних нормативних актів про охорону праці.

Нормативні акти про охорону праці

Закон України про охорону праці встановлює документи, що належать до державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці. Згідно із законом – це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинності правових норм, обов'язкових для виконання.

Опрацювання та прийняття нових, перегляд і скасування чинних державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці ведеться органами державного нагляду за охороною праці і професійними спілками у порядку, визначеному Кабінетом міністрів України.

Нормативні акти про охорону праці, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, переглядаються в міру впровадження досягнень науки та техніки, але не рідше одного разу на десять років. Це документи фіксують гарантії безпеки та гігієни праці в різних галузях виробництва.

5.1.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

До небезпечних та шкідливих факторів, які негативно діють на людину відносяться: вібрація, шум, недостатнє освітлення приміщень та пил.

Існує загальна та локальна вібрація. Загальна вібрація викликає струс всього організму, а місцева залучає у коливальний рух окремі частини тіла.

Загальна вібрація впливає на транспортних робітників, операторів потужних штампів, вантажопідіймальні та інші види обладнання. Локальна вібрація впливає на працівників з ручними електричними та пневматичними механізованими інструментами. У ряді випадків працівник може піддаватися одночасно дії загальної та локальної вібрації.

Загальна вібрація з частотою менше ніж 0,7Гц не приводить до вібраційного захворювання. Вібрація може не викликати болючих відчуттів, але вона створює труднощі у проведенні виробничих процесів. Локальна вібрація викликає спазми судин, які починаються з кінцевих фаланг пальців та розповсюджуються на всю кисть, передпліччя, захоплюючи судини серця. В наслідок чого відбувається ушкодження постачання кінцівок кров'ю.

Норми за обмеженням загальних вібрацій, тобто вібрацій робочих місць, встановлюють величину логарифмічного рівняння коливальної швидкості у октавних діапазонах із середньгеометричними значеннями 2, 4, 8, 16, 32, 63Гц, а норми за обмеженнями локальної вібрації – в активних смугах частот з середньгеометричними значеннями 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000Гц.

Гігієнічні норми вібрації встановлені для тривалості робочої зміни 8 годин.

Пил – це частинки розміром до 100мкм. Для різних видів пилу дія на організм людини залежить від походження, твердості, розчинності, гігроскопічності, густини, конфігурації та розмірів пилових частинок. Кількість пилу в повітрі вимірюється у міліграмах на 1м³. Весь широкий діапазон розмірів частинок, які забруднюють повітря промислових підприємств, поділяють на три групи:

1) пил – аерозоль, дисперсна фаза якого складається з частинок понад 10⁻³см, тобто понад 10мкм. Найтиповішим для цієї групи є грубо дисперсний пил, що й дало привід називати всю групу умовним терміном «пил»;

2) туман з діаметром частинок 10⁻³...10⁻⁵см, тобто 10...0,1мкм. Ці розміри характерні для частинок туману, через що всю групу умовно названо «туман»;

3) дим, діаметр частинок якого дорівнює 10⁻⁵...10⁻⁷см, тобто менше за 0,1мкм.

4) Пил шкідливо діє на дихальні шляхи й легені, шкіру, очі, зуби, ясна, травні та слухові органи. При диханні пилинки розміром 5...10 мкм затримуються в дихальних шляхах частково, а розміром 0,3мкм – не затримуються.

Концентрацію пилу розраховують за формулою:

$$N = (g_{\alpha} - g_1) \cdot 100 / vt, \quad \text{мг/м}^3, \quad (5.1)$$

де N – концентрація пилу, мг/м³;

g_{α} – маса фільтру з пилом, мг;

g_1 – маса чистого фільтру, мг;

v – швидкість відібрання проби, л/хв.;

t – тривалість відібрання проби, хв.

Засновують також автоматичні засоби аналізу запиленості атмосферного повітря. При збільшенні концентрації пилу промінь світла, що падає на фотоелемент, затемнюється, і сила струму в фотоеlementі знижується. Якщо запиленість перевищує норму, прилад з контактною стрілкою сигналізує про це.

Мікроклімат

Особливості мікрокліматичних умов приземного шару повітря невеликих ділянок земної поверхні або виробничих та побутових приміщень називають мікрокліматом.

До поняття мікроклімату виробничого середовища входять температура повітря, його вологість та швидкість руху, а також випромінювання від нагрітого устаткування та оброблюваних матеріалів та виробів.

Всі ці фактори разом і зокрема досить відчутно впливають на важливу фізіологічну функцію людини – терморегуляцію.

При значній зміні загальних умов мікроклімату змінюються також шляхи тепловіддачі організму. Людина тоді зазнає неприємного відчуття, яке називають відчуттям дискомфорту.

Чим більш інтенсивна та напружена діяльність організму людини, тим більш вона виробляє тепла і віддає його у навколишнє середовище, зберігаючи при цьому теплову рівновагу.

На організм людини, крім високої температури, шкідливо діють промениста енергія та вологість. У виробничих приміщеннях нормальною вважається вологість повітря від 50 до 60%. Вологість понад 70% шкідливо впливає на організм людини, або при високій температурі затримує випарування поту, приводить до підвищеної стомлюваності, а при низькій температурі сприяє виникненню простудних захворювань.

Норми параметрів мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень затверджено ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Освітлення

Освітлення виробничих приміщень – важливий захід гігієни та охорони праці і підвищення її продуктивності.

У виробничих приміщеннях застосовують два види освітлення: природне та штучне.

Численні дослідження показали, що поліпшення умов освітленості підвищує працездатність очей, зменшує втомлюваність робітників, знижує травматизм і

випадки браку. Недостатня освітленість, неправильне спрямування світла можуть привести до нещасних випадків. Слід добре освітлювати вогнебезпечні та вибухонебезпечні приміщення, застосовувати герметичну або вибухобезпечну арматуру.

Безпека праці значною мірою залежить від аварійного освітлення. Щоб контролювати освітленість робочих приміщень, треба знати основні світлотехнічні величини та одиниці виміру.

У межах видимої частини спектру промінистої енергії випромінювання різної довжини хвиль дає різні за кольором зорові відчуття – від фіолетового до червоного включно. Між зазначеними межами видимого спектру діє велика кількість різних випромінювань з кольором, що поступово переходить від фіолетової групи до синьої, від синьої до голубої, потім до зеленої, жовто-зеленої, жовтої, помаранчевої та нарешті до червоної групи випромінювання.

5.1.2. Розрахунок загального освітлення приміщення тренажерного залу

Методика розрахунку взята з [16].

Довжина приміщення тренажерного залу $A=8\text{м}$, ширина $B=17,5\text{м}$, висота $H = 3,6\text{м}$. Висота робочої поверхні $h_p=1\text{м}$.

Для освітлення приймають світильники типу УПМ-15. Мінімальна освітленість лампами розжарювання за нормами $F_{\min}=100\text{лк}$. Коефіцієнт відображення стелі $\rho_n= 70\%$, стін $\rho_c= 50\%$, робочої поверхні $\rho_p= 10\%$. Напруга мережі 220В.

Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_o = H - h_p = 3,6 - 1 = 2,6\text{м}. \quad (5.2)$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2 \cdot H_o = 0,2 \cdot 2,6 = 0,52\text{м}. \quad (5.3)$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею:

$$h = H_o - h_c = 2,6 - 0,52 = 2,08\text{м.} \quad (5.4)$$

Висота підвішування світильника над підлогою:

$$H_{\pi} = h + h_p = 2,08 + 1 = 3,08\text{м.} \quad (5.5)$$

Відстань між центром світильників:

$$L = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 2,08 = 3,12\text{м;} \quad (5.6)$$

$$H_p = h.$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = S/L^2 = 140/312^2 = 14,4. \quad (5.7)$$

Приймаємо у приміщенні тренажерного залу 16 світильників (чотири ряди по 4 світильники).

Індекс приміщення:

$$i = A \cdot B / (h \cdot (A + B)) = 8 \cdot 17,5 / (2,08 \cdot (8 + 17,5)) = 2,6$$

З табл. 22 [11] при $i=2,6$; $\rho_n = 70\%$; $\rho_c = 50\%$, $\rho_p = 10\%$ для світильника типу УПМ-15 коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,65$.

Світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = E_{\min} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (N \cdot \eta), \quad (5.8)$$

$$\Phi = 100 \cdot 140 \cdot 1,3 \cdot 1,15 / (16 \cdot 0,65) = 2012,5\text{лм,}$$

де $K_3 = 1,3$ табл. 5 [18];

$Z=1,15$ для ламп розжарювання.

За знайденим світловим потоком з табл. 16 [11] вибираємо лампу потужністю 150 Вт, що має світловий потік 2090 лм, найбільш близький до розрахункового.

При цьому фактична освітленість:

$$E_{\phi} = E_n \cdot \Phi_{\text{л}} / \Phi_p = 100 \cdot 2090 / 2012,5 = 103,8 \text{ лк.} \quad (5.9)$$

Загальна потужність освітлюваної установки:

$$P_z = P_{\text{л}} \cdot N = 150 \cdot 16 = 2400 \text{ Вт} = 2,4 \text{ кВт.} \quad (5.10)$$

В тренажерному залі проведені наступні заходи з техніки безпеки:

Засоби для усунення запиленості:

- обладнання загальної вентиляції, місцевих підсосів, витяжних шаф;
- проводиться вологе прибирання декілька разів на день.

Заходи по оздоровленню повітряного середовища:

- влаштовані вентиляція та опалювання приміщень для створення належних санітарно-гігієнічних умов у зоні перебування людей;
- вентиляція забезпечує потрібні мікрокліматичні умови, передбачені санітарними нормами проектування спорткомплексу;
- вміст шкідливих газів, пари і пилу в межах, що не перевищують гранично допустимі концентрації.

Також проводять нагляд за освітлювальними установками: арматура та лампи регулярно очищують від пилу та бруду.

Очищують світильники та замінюють лампи при вимкненій мережі.

Щоб уникнути вібрацій та шуму, у вентиляційних установках встановлені пластинчасті звукопоглиначі.[17]

5.2 Розробка заходів з охорони навколишнього середовища

В умовах науково-технічної революції охорона навколишнього середовища стала однією з самих гострих та актуальних проблем сучасності. Внаслідок досягнення науки та технічного прогресу людина отримала у свої руки потужну зброю дії на природу, за допомогою якої їй вдалося втягнути в процес виробництва майже всю приповерхневу оболонку планети та вийти за її межі у космос.

Через вторгнення у природні процеси за допомогою сучасної техніки людина порушує закономірності їх протікання, своєю діяльністю викликає небажані зміни природи. Внаслідок таких змін значно зменшилися ліси, зникло багато видів тварин, почався процес антропогенного забруднення води та повітря, стало значно зменшуватися кількість багатьох видів природних ресурсів.[18]

Охорона ґрунтів

Землю часто називають годувальницею, однак не можна стверджувати, що ставлення до неї адекватне цієї назві. На Україні за останні десятиріччя значно погіршилися показники земельного фонду. Незначний приріст продукції землеробства досягається за рахунок стійкого виснаження та деградації ґрунтів. Зростає хімічне забруднення земельних ресурсів. Проводиться значне вилучення цінних сільськогосподарських земель під промислове та інше будівництво, що становить понад 100тис. га щорічно.

Охорона атмосфери

Якщо воду, якої здавна не вистачало, називали «ресурсом життя», то про повітря згадали лише в нашу урбанізовану епоху. Найвищий рівень забруднення атмосферного повітря в Україні засвідчено у великих містах Донецьку, Маріуполі, Дніпропетровську, Дніпродзержинську, Запоріжжі, Кривому Розі, Києві, Одесі та ін. Заходи, що спрямовані на охорону атмосферного повітря, передбачають впровадження технічних рішень зі знешкодження й утримання газоподібних забруднювальних речовин, розробку та затвердження

нормативів, гранично допустимих викидів для всіх підприємств, створення сучасних приладів постійного контролю й обліку викидів.

Виходячи з уяви про екологію людини, виявлені критерії оцінки дії малих концентрацій в атмосферному повітрі на організм людини:

1. Допустимою може бути визнана лише така концентрація тієї або іншої речовини в атмосферному повітрі, яка не чинить на людину прямої чи побічної шкідливої чи неприємної дії, не знижує її працездатність, не впливає на самопочуття та настрої.

2. Звикання до шкідливих речовин повинно розглядатися як несприятливий фактор.

3. Неприпустимі такі концентрації шкідливих речовин, які негативно впливають на рослинність, клімат місцевості, прозорість атмосфери та побутові умови життя населення.

Охорона водних ресурсів

З екологічної точки зору охорона водних ресурсів полягає передусім в безпосередньому забезпеченні людей водою для життя та санітарно-гігієнічних потреб. Незважаючи на великі зміни планетарної води океанів, морів, льодовиків, поверхневих водоймищ та підземних шарів, які становлять 1359млн.м³, запаси питної води не перевищують 2...3%. За даними ООН, сьогодні близько 1,3млрд. людей не забезпечені питною водою ні в якісному, ні в кількісному відношенні.

Проблема полягає в тому, що прісну воду, необхідну для життєдіяльності людини, випиває, образно кажучи, сучасна індустрія.

Достатньо сказати, що для отримання 1т капрону використовується 10т чистої води. У промислово розвинених країнах на одну людину витрачається 1,2...1,5тис. м³ води на рік. Ще недавно втрати води на одного мешканця міста становили 30...40л/добу, а сьогодні – майже 300л.

Установка внутрішніх водопроводів обов'язкова у виробничих та допоміжних будівлях для подачі води на виробничих, господарчо-питних та протипожежних потреб. Правила вибору джерела водопостачання та норми

якості води регламентуються «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Вода у фітнес-центр подається з господарсько-питного водопроводу. Витрата води на виробничі потреби залежить від технологічних особливостей виробництва та знаходиться на основі технічних даних. Розрахункові витрати холодної та гарячої води на спорткомплекс складають $3,4\text{м}^3$ /добу. Норми витрати води в душових до 500л/год. на одну мережу, в умивальниках – 180...200л/год. на один кран. Норми витрати води приведені у СНіП4-31-74.

Для зливання господарчих вод передбачають каналізаційні прилади. Каналізація складається з внутрішніх каналізаційних приладів, розташованих в будівлі спорткомплексу, зовнішньої каналізаційної мережі, нагнітача, приладів для очищення, знезараження та утилізації стічних вод, приладів їх випуску у водойми.

Згідно з «Основами водного законодавства» всі стічні води повинні підлягати очищенню від шкідливих речовин перед тим, як потрапити у водойму.

У фітнес-центрі нема шкідливих виробництв. Вода подається тільки на господарсько-питні потреби. Стічні води не забруднені настільки, щоб встановлювати на зворотному трубопроводі очисні елементи. Стічні води потрапляють у загальний водопровід і поступають до близьких очисних споруд.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано проектування систем теплопостачання двоповерхового спортивного комплексу у місті Житомир загальною площею 1400 м², які забезпечують оптимальні мікрокліматичні умови для персоналу та відвідувачів.

Передбачено та спроектовано системи водяного опалення, холодного та гарячого водопостачання, а також припливної та витяжної вентиляції. Проведено теплотехнічний, гідравлічний розрахунки системи опалення, визначено тип та кількість опалювальних приладів, обрано циркуляційний насос марки 32POe120A/B з каталогу «POe System Grundfos».

Розроблено систему припливно-витяжної вентиляції спортивної зали фітнес-центру та підібрано відповідне обладнання. Для витяжної системи прийнято три дахові вентилятори марки TFE-400-4 із витратою повітря 800 м³/год кожний та потужністю 0,48 кВт.

Виконано розрахунки систем холодного та гарячого водопостачання, розроблено систему підлогового опалення спортивної зали. Проведено розрахунок калорифера припливної механічної вентиляції.

У роботі передбачено та обґрунтовано комплекс заходів з охорони праці та захисту навколишнього природного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
3. СНиП 3.05.01-85* «Внутрішні санітарно-технічні системи».
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки».
7. ДСТУ Б В.2.7-80-98 «Цегла та камені силікатні».
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи».
9. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Система проєктної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення».
10. «Курсове і дипломне проєктування з вентиляції громадських і промислових будівель» В. П. Титов, Е. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. І. Новожилов. Київ, 2022 р.
11. Довідник проєктувальника. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Частина І. «Опалення» В. М. Богословський, Б. А. Крупнов, А. М. Сканаві, під редакцією І. Г. Староверова та Ю. І. Шиллера. Київ, 2000 р.
12. Каталог алюмінієвих радіаторів GLOBAL.
13. Довідник з теплопостачання і вентиляції. Підручник 1-й. Р. В. Щокін, С. М. Кореневський, Г. Е. Беєм. Київ, 2022 р.
14. Каталог фірми RENAУ «Трубопровідна система RAUTITAN для водопровідної і радіаторного розведення».
15. Жувагіна, І. О., & Замарайкіна, Т. С. (2022). Потенціал торговельного підприємства: загальнонаукові підходи до формування та реалізації.
16. Iermakova, O., Zhuvahina, I., Metelytsia, V., & Dmytryshyn, R. (2024, December). Conceptual principles of ecologically safe development of aquaculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1429, No. 1, p. 012004). IOP Publishing. Каталог балансувальних клапанів Danfoss.
17. Каталог фірми Danfoss «Радіаторні терморегулятори RTD».
18. Каталог фірми Grundfos «Циркуляційні насоси серії 2000»
19. Каталог фірми Sistemair.

20. Каталог фірми Арктос «Пристрої для подачі і видалення повітря».
21. Каталог фірми Арктика «Повітроводи і фасонні вироби».
22. Каталог фірми Арктика «Обладнання для систем вентиляції».
23. Програма підбіру вентиляторів фірми Sistemair.
24. Каталог фірми Remak «Блоки для кондиціонування повітря AeroMassterNT».
25. Каталог фірми Remak «Водяні обігрівачі з регулюючою арматурою»
26. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. «Автоматизація технологічних процесів».
27. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
28. ГН 2.2.5.552-96 «Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони».
29. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення».
30. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
31. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».
32. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
33. 1. Жувагіна, І. О. (2021). Тенденції інноваційного розвитку соціально-орієнтованої економіки країни.

