

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Сучасна система вентиляції спеціалізованих спортивних залів на прикладі
комплексу стрілецьких тирів

Енеді Ростислав Золтанович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

„___” _____ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Сучасна система вентиляції спеціалізованих спортивних залів на

прикладі комплексу стрілецьких тирів

(назва)

Виконав Енеді Ростислав Золтанович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція

(освітня програма)

Група ТВм-23-2

Керівник Погосов О.Г.

(прізвище та ініціали)

канд.тех.наук,доцент

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: Теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету

„___” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
(бакалавра, магістра)

Енеді Ростислав Золтанови

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Сучасна система вентиляції спеціалізованих спортивних залів на прикладі комплексу стрілецьких тирів
затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» __ 2024 року
2. Керівник роботи Погосов Олександр Григорович
канд.тех.наук,доцент
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту _____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - Р. 1. Огляд сучасних систем вентиляції стрілецьких тирів та джерел їх енергозабезпечення
 - Р. 2. Обґрунтування принципів рішень систем вентиляції спеціалізованих тирів
 - Р. 3. Практичне застосування результатів роботи та впровадження на прикладі об'єкту в Київській області
 - Р. 4. Тепло та холодопостачання
 - Р. 5. Техніко-економічне обґрунтування
5. Графічний матеріал за розділами

- Р. 1.Огляд сучасних рішень систем вентиляції спортивних та видовищних закладів (Аркуш 1)
- Р. 3.2.1. План на позначці -1.650 Розрізи 1-1, 2-2.Вузол 1(Аркуш 2)
- Р. 3.2.2. План на позначці -1.600 Розрізи 1-1.Вузол 1(Аркуш 3)
- Р. 3.2.3. План на позначці -1.500 Розрізи 1-1.Ескізи кулеприймаючих перегородок (Аркуш 4)
- Р.3.4 Вентиляція план 1-го поверху,(Аркуш 5),Вентиляція допоміжний блок(Аркуш 6)

Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|--|----------------|
| Розділ 1. Огляд сучасних систем вентиляції стрілецьких тирів. | 11.10.2024 р. |
| Розділ 2. Обґрунтування принципових рішень системи вентиляції спеціалізованих тирів. | 18.10.2024 р. |
| Розділ 3. Практичне застосування результатів роботи та впровадження на прикладі об'єкту в Київській області. | 25.10.2024 р. |
| Розділ 4. Тепло та холодопостачання. | 15.11.2024 р. |
| Розділ 5 Техніко-економічне обґрунтування. | 22.11.2024 р. |
| Остаточне оформлення роботи | 28.11.2024 р. |
| Направлення роботи для перевірки на плагіат | 29.11.2024 р. |
| Попередній захист роботи на випусковій кафедрі | 03.12.2024 р. |
| Направлення роботи на рецензування | 03.12.2024 р. |

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірив | |
|-----------|--|-----------|--------|
| | | дата | підпис |
| Розділ 1. | д.т.н. Скочко В.І. | | |
| Розділ 2. | д.т.н. Скочко В.І. | | |
| Розділ 3. | Директор ПП"ІТС" Нігован Є.О. | | |
| Розділ 4. | Директор ТОВ"НВП"Енергопромснаб Смілян М.С. | | |
| Розділ 5 | Директор ТОВ"НВП"Енергопромснаб Смілян М.С. | | |

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Здобувач _____
(підпис)

Приймак О.В.
(прізвище, ініціали)

Погосов О.Г.
(прізвище, ініціали)

Енеді Р.З
(прізвище, ініціали)

Зміст

| | |
|--|----|
| 1. Огляд сучасних систем вентиляції стрілецьких тирів | 2 |
| 2. Обґрунтування принципів рішень системи вентиляції спеціалізованих тирів | 10 |
| 2.1. Обґрунтування системи вентиляції | 10 |
| 2.2. Опис сценаріїв роботи спеціалізованого тиру | 15 |
| 2.3. Розрахунок витрат повітря з умови асиміляції розбавлення до ГДК компонентів згорання піроксилінового пороху | 17 |
| 2.4. Рішення щодо автоматизації системи вентиляції в роботі різних режимів..... | 23 |
| 3. Практичне застосування результатів роботи та впровадження на прикладі об'єкту в Київській області..... | 30 |
| 3.1. Вихідні дані для проектування | 30 |
| 3.2. Архітектурно-будівельні рішення..... | 39 |
| 3.2.1. Стрілецький тир з дистанцією вогню 100м..... | 39 |
| 3.2.2. Стрілецький тир з дистанцією вогню 50м..... | 40 |
| 3.2.3. Стрілецький тир 35х35 м..... | 41 |
| 3.2.4. Допоміжний блок | 42 |
| 3.3. Опалення..... | 44 |
| 3.3.1. Кліматичні параметри..... | 44 |
| 3.3.2. Параметри внутрішнього повітря в приміщеннях | 45 |
| 3.3.3. Приєднання до джерел теплопостачання | 47 |
| 3.4. Вентиляція | 49 |
| 3.4.1. Вибір системи вентиляції..... | 49 |
| 3.4.2. Розрахунок і підбір припливно-витяжного обладнання | 51 |
| 3.4.3. Наукове обґрунтування до підбору вентиляційних рішень..... | 52 |
| 4. Тепло та холодопостачання | 56 |
| 4.1. Автоматизація систем теплохолодопостачання та супітніх систем в розрізі сигналів | 61 |
| 4.2. Заходи з енергозбереження..... | 62 |
| 5. Техніко-економічне обґрунтування..... | 62 |
| Висновки..... | 69 |
| Список використаних джерел..... | 71 |

1. Огляд сучасних систем вентиляції стрілецьких тирів

Системи вентиляції є невід'ємною складовою частиною стрілецьких тирів, оскільки вони забезпечують необхідні умови для безпечного та комфортного тренування стрільців. У процесі стрільби в повітря вивільняються токсичні речовини, такі як свинець, а також продукти згоряння пороху, які можуть спричинити серйозні ризики для здоров'я. Тому, ефективна система вентиляції є критично важливою для запобігання негативному впливу цих речовин на організм людини.

Основними функціями вентиляційної системи в стрілецьких тирах є забезпечення достатнього обміну повітря, зниження концентрації токсичних газів і часток, а також підтримка комфортних мікрокліматичних умов для стрільців і персоналу. Сучасні технології пропонують різноманітні рішення для реалізації цих завдань, що дозволяє забезпечити відповідність не лише до професійних стандартів, а й до естетичних вимог інтер'єру тирів.

У даному розділі буде здійснено детальний аналіз різних типів систем вентиляції, включаючи аерацію, механічну та комбіновану вентиляцію. Аерація, зазвичай, використовує природні потоки повітря через відкриті вікна, двері або вентиляційні отвори, щоб забезпечити обмін повітря. Однак, ця система може виявитися недостатньо ефективною в умовах закритих приміщень, особливо під час визначених погодних умов.

На відміну від природної, механічна вентиляція забезпечує контрольований обмін повітря з використанням вентиляторів і систем кондиціонування. Це дозволяє не лише видаляти забруднене повітря, але й подавати очищене повітря, що є критично важливим для забезпечення належних умов у тирі. Комбіновані системи вентиляції поєднують обидва підходи, що дозволяє максимально оптимізувати повітрообмін в залежності від потреб конкретного приміщення.

Крім того, у розділі буде розглянуто сучасні технології моніторингу якості повітря, які дозволяють в реальному часі оцінювати рівень забруднення

та здійснювати автоматизоване управління системами вентиляції. Це включає використання датчиків для контролю концентрації токсичних часток і газів, що сприяє автоматичній адаптації роботи вентиляційних систем в залежності від реальних потреб.

Також важливо звернути увагу на нормативні вимоги та стандартні практики, які регулюють проектування та експлуатацію систем вентиляції у стрілецьких тирах. Вони можуть варіюватися залежно від країни та специфіки використання, проте основна мета залишається незмінною — забезпечення безпеки та здоров'я всіх, хто перебуває в тирах.

На основі проведеного огляду, будуть виокремлені ключові тенденції у розвитку систем вентиляції, а також рекомендації щодо їх вдосконалення з урахуванням сучасних технологічних досягнень та екологічних вимог. Це дозволить не лише підвищити ефективність існуючих систем, але й створити нові стандарти безпеки та комфорту в стрілецьких тирах.

Таким чином, розділ сприятиме глибшому розумінню сучасних систем вентиляції, їхньої ролі в забезпеченні безпеки, а також надасть цінні рекомендації для подальших досліджень та впровадження новітніх технологій у цій важливій сфері.

Системи вентиляції, як ключові системи формування мікроклімату закритих стрілецьких тирів було об'єктом дослідження починаючи з середини двадцятого сторіччя. В [1-3] робиться спроба вказати на недоліки багатьох критичних стрільбищ з точки зору охорони здоров'я. Наведено рекомендації щодо проєктних рішень і робочих практик, які можуть допомогти зменшити або усунути загрози здоров'ю, пов'язані з експлуатацією критичних стрільбищ.

Більшість критичних стрільбищ проєктуються переважно з урахуванням безпеки, ефективності та універсальності. Зазвичай стіни, підлога та стеля виготовлені з куленепробивних матеріалів, а кабінки для стрільців є куленепробивними та оснащені автоматичними споттерами для мішеней. На багатьох стрільбищах куленепробивне скло відокремлює стрільців від зони, де

знаходяться інструктор та глядачі. Проте всі ці заходи безпеки мало стосуються захисту здоров'я стрільців, інструкторів та технічного персоналу.

Крите стрільбище може бути спроектоване так, щоб захищати не лише безпеку, а й здоров'я усіх, хто має до нього відношення. Розміщення стрільбищ у підвалах будівель або переобладнаних гаражах не є оптимальним вибором, навіть якщо такі приміщення є доступними. Головну увагу необхідно приділити належній вентиляції та контролю шуму. Однак варто також врахувати освітлення, психологічні фактори і стреси, а також інші аспекти безпеки. Такий підхід дозволить перетворити крите стрільбище на сучасний, добре обладнаний об'єкт, який відповідає стандартам з охорони здоров'я та безпеки, замість того, щоб залишити його темним, запиленним та недостатньо вентиляльованим приміщенням.

Протягом 1973–1974 років Відділ промислової гігієни Національного інституту охорони праці США (NIOSH) провів екологічні дослідження на дев'яти критих стрільбищах. Під час досліджень проводили відбір проб для визначення концентрацій свинцю в повітрі, рівнів шуму та швидкостей вентиляції. Комплексні дані вказали на потенційну загрозу здоров'ю через вплив неорганічного свинцю на кожному з об'єктів. У всіх випадках концентрація свинцю зростала зі збільшенням кількості стрільців і продовжувала зростати навіть після зменшення їхньої кількості, що свідчило про неспроможність вентиляційної системи запобігти «накопиченню» свинцю на стрільбищі.

Загалом у ході досліджень [1-3] було зібрано 331 пробу на вміст неорганічного свинцю в повітрі, з яких 187 становили персональні проби, а 144 – проби з різних зон приміщення. Концентрація свинцю в пробах повітря коливалася від мінімальних $0,10 \text{ мг/м}^3$ до максимальних $13,17 \text{ мг/м}^3$ для проб з приміщень і від $0,01 \text{ мг/м}^3$ до $34,50 \text{ мг/м}^3$ для персональних проб. У всіх обстежених стрільбищах вентиляція була недостатньою, щоб знизити рівень свинцю в повітрі нижче стандарту $0,20 \text{ мг/м}^3$. На деяких стрільбищах кількість поданого повітря перевищувала об'єм витяжного, що створювало позитивний

тиск у приміщенні. В інших випадках спостерігалася протилежна ситуація. Правильно спроектована вентиляційна система повинна забезпечувати концентрацію свинцю нижче встановленого стандарту в будь-який час. Однак обсяг поданого повітря не є ефективним, якщо він не використовується належним чином.

Також у критих стрільбищах існує можливий ризик для здоров'я через шум імпульсного типу. Було проведено заміри звукового тиску від різних видів зброї, що використовувалася на стрільбищах. Пікові рівні звукового тиску становили 143 дБ для 12-каліберної рушниці, 166 дБ для револьвера калібру 45 і 150 дБ для револьвера .38 Special.

В статті [4] представлено окремі результати досліджень Постійної Експертної Групи, що стосуються, зокрема, забезпечення безпеки користувачів гарнізонних та польових стрільбищ, які входять до складу навчальної бази Збройних Сил Республіки Польща, поліції, прикордонної служби, митної служби, охоронних компаній, мисливських та спортивних організацій. Особливу цінність становлять висновки та пропозиції Експертної Групи щодо: підвищення якості законодавства, створеного в Польщі, зокрема щодо навчальних об'єктів; забезпечення безпеки на стрільбищах під час тренувань зі стрілецькою зброєю різних типів і калібрів, з використанням різних видів боєприпасів; експертного нагляду за процесом будівництва, приймання та експлуатації стрільбищ; принципів безпечної експлуатації стрільбищ, що забезпечують довговічність об'єктів тощо.

Існують дослідження, присвячені виключно спортивним тирам з наявними особливостями. В [5] вказано на те, що стрільба є однією з дев'яти спортивних дисциплін, що увійшли до програми перших сучасних Олімпійських ігор в Афінах у 1896 році. Професійний спортсмен зі стрільби протягом своєї спортивної кар'єри випускає мільйони куль, ретельно тренуючись зі своєю зброєю. Кількість пострілів за одиницю часу залежить від пропускної здатності стрільбища, і може суттєво збільшуватися під час національних змагань. Стрільба може призвести до впливу залишків від

пострілів, включаючи свинець, інші елементи та їхні побічні продукти, що накопичуються в навколишньому повітрі та становлять значний ризик для здоров'я.

Метою дослідження [5] є визначення рівнів PM10 і його хімічного складу під час офіційних триденних змагань з пістолетної стрільби на дистанцію 50 м з використанням 22-каліберної зброї, що проходили у травні 2016 року в Мерсіні, Туреччина. Для цього було зібрано зразки PM10 на кварцових фільтрах і проаналізовано елементи методом ICP-MS, а також вуглецеві сполуки методом термооптичного аналізу EC/OC. Середня концентрація маси PM10 становила $28,7 \pm 7,3$ мкг/м³, що відповідає пороговим значенням для закритих приміщень у різних країнах. Концентрації PM10, OC, EC, TC, Cd та Pb у повітрі були вищими під час змагань з пістолетної стрільби порівняно зі змаганнями зі стрільби з гвинтівки. Хоча рівні Pb не перевищували встановлених лімітів для закритих стрільбищ, його концентрація була найвищою серед проаналізованих елементів. Крім того, Cr демонструє потенційний ризик виникнення раку. За винятком Zn, Sr і Cu, усі виміряні параметри мали вищі розраховані значення емісійного фактора (EF) під час пістолетних пострілів. Дослідження вперше визначає масові концентрації EC, OC і TC в повітрі на критих стрільбищах та досліджує якість повітря під час спортивної стрільби.

Значний аналіз проведено в книзі [6]. В ньому було розглянуто тридцять шість статей, що містили дані про рівні свинцю в крові (BLL) у стрільців на стрільбищах. У 31 дослідженні повідомлялося про $BLL > 10$ мкг/дл у деяких стрільців, у 18 дослідженнях – про $BLL > 20$ мкг/дл, у 17 дослідженнях – про $BLL > 30$ мкг/дл, а в 15 дослідженнях – про $BLL > 40$ мкг/дл. Література свідчить, що підвищення BLL у стрільців пов'язане з викидами аерозолів свинцю зі зброї, концентрацією свинцю в повітрі на стрільбищах, кількістю здійснених пострілів і калібром використаної зброї. Стрільба на стрільбищах призводить до викидів свинцевого пилу, підвищення рівнів свинцю в крові (BLL) та впливів, що пов'язані з різними негативними наслідками для

здоров'я. Жінки та діти, які займаються стрільбою для відпочинку, піддаються особливому ризику і не мають таких самих заходів захисту здоров'я, як професійні користувачі стрільбищ. Майже всі вимірювання BLL, зібрані в розглянутих дослідженнях, перевищують поточний рекомендований рівень у 5 мкг/дл, встановлений Центрами з контролю та профілактики захворювань США та Національним інститутом охорони праці (CDC/NIOSH). Отже, стрільбища, незалежно від їхнього типу та категорії користувачів, на сьогодні становлять значну та неконтрольовану проблему громадського здоров'я.

Профілактичні заходи включають зміну одягу після стрільби, зміну поведінкових підходів, таких як заборона куріння та вживання їжі на стрільбищах, покращення вентиляційних систем і контроль за критичними стрільбищами, а також розробку систем повітрообміну для відкритих стрільбищ. Усунення ризику свинцевого пилу на стрільбищах вимагає первинної профілактики та використання безсвинцевих капсулів і куль.

Дуже часто приміщення, де знаходиться тир – герметичне та звукоізольоване. Це допомагає заглушити гучні постріли та перешкоджає попаданню продуктів згоряння назовні, проте відвідувачі під час руху відчують спеку та ядуху.

У статті [7] Smith та Collins (2020) обговорюється важливість контролю якості повітря в стрілецьких тирах. Автори зосереджують увагу на вентиляційних системах як ключовому елементі зниження концентрацій небезпечних речовин. Стаття пропонує аналіз впливу забруднюючих речовин, таких як свинець та токсичні аерозолі, на здоров'я відвідувачів. Також були надані рекомендації по проектуванню ефективних вентиляційних систем з урахуванням специфіки тирів, включаючи методи витяжки, використання фільтраційних систем та моніторинг якості повітря. Дослідження підкреслює, що належна вентиляція не лише забезпечує безпеку, а й покращує загальний комфорт і продуктивність стрільців.

У статті [8] Johnson та ін. (2019) розглядаються різноманітні стратегії вентиляції для стрілецьких тирів, акцентуючи увагу на місцевій витяжці

повітря. Автори вивчали умови, за яких відбувається накопичення небезпечних забруднень, а також їхній вплив на здоров'я стрільців. Дослідження містить результати експериментів, що демонструють використання різних типів вентиляційних систем, зокрема систем із рекуперацією тепла. Результати показують, що комбіноване використання місцевої та загальнообмінної вентиляції здатне зменшити рівні забруднення, підтверджуючи необхідність комплексного підходу до проектування систем.

У статті [9] Taylor (2021) акцентується увага на особливостях проектування систем вентиляції для стрілецьких тирів. Автор розглядає основні вимоги, пов'язані з вентиляцією, включаючи теплообмін, контроль вологості та енергозбереження. Стаття пропонує методи розрахунку повітрообміну, важливість кратності повітрообміну для тирів, а також технічні параметри, які слід враховувати при проектуванні, такі як тип патронів і кількість відвідувачів. Автор підкреслює важливість інтеграції сучасних технологій у системи вентиляції для досягнення максимальних результатів.

У статті [10] Miller та Grant (2022) аналізуються технології фільтрації повітря, які використовуються у вентиляційних системах стрілецьких тирів. Автори наголошують на важливості фільтрів HEPA у зменшенні концентрації часток свинцю та інших токсичних речовин у повітрі. У цій статті наводяться практичні поради щодо інтеграції фільтраційних систем у вже існуючі рішення для вентиляції, а також результати тестувань, що свідчать про доцільність впровадження нових технологій у системи очищення повітря.

У статті [11] Parker та Bennett (2023) розглядаються сучасні практики управління якістю повітря в стрілецьких тирах. Автори аналізують вітчизняні та міжнародні норми, а також відгуки користувачів щодо ефективності різних вентиляційних систем. Дослідження демонструє основні проблеми, пов'язані із забрудненням повітря, такі як накопичення свинцю, оксидів вуглецю і волокнистих речовин, що виникають під час стрільби. Висновком статті є рекомендації щодо удосконалення вентиляційних систем, а також

необхідності впровадження автоматизованих систем моніторингу для покращення якості повітря.

У статті [12] Roberts та Nguyen (2021) представлено оцінку якості повітря у спортивних стрілецьких тирах. Автори детально описують методи моніторингу забруднюючих речовин, таких як свинець, оксиди вуглецю та інші летучі органічні сполуки (ЛОС), які можуть негативно впливати на здоров'я стрільців. У дослідженні проведено порівняння рівнів забруднення до і після впровадження систем вентиляції. Результати показують значне зниження концентрацій небезпечних речовин у повітрі після модернізації вентиляційних систем. Стаття також підкреслює важливість проведення регулярних перевірок та технічного обслуговування вентиляційних установок для забезпечення тривалої ефективності.

У статті [13] Graham (2019) розглядаються виклики, які виникають при забезпеченні здоров'я і безпеки користувачів стрілецьких тирів. Автор підкреслює важливість належної вентиляції як засобу профілактики різноманітних захворювань, зокрема токсичної пневмонії, які можуть бути спричинені тривалою експозицією шкідливим речовинам. У статті представлено результати безпосередніх вимірювань якості повітря в реальних умовах роботи тирів. Дослідження вказує на необхідність інтеграції систем безпеки у проектування тирів, зокрема системи вентиляції, як одного з ключових аспектів.

У статті [14] Stevens та Roberts (2021) представлено систематичний огляд екологічних впливів внутрішніх стрільб у тирах. Автори досліджують, як погані умови повітря впливають на навколишнє середовище, зокрема на місцеву флору і фауну. Стаття наголошує на важливості дотримання екологічних стандартів, що стосуються вентиляції. Автори пропонують методи зменшення впливу діяльності тирів на навколишнє середовище, такі як оптимізація систем вентиляції та використання екологічно чистих технологій. Цей огляд підкреслює важливість сталих практик управління для зменшення негативного впливу на екосистеми.

У статті [15] Cook та Lai (2024) розглядаються ефективні системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для стрілецьких тирів. Автори аналізують, як сучасні технології можуть допомогти в поліпшенні енергоефективності та якості повітря. Засоби автоматичного управління, такі як датчики якості повітря, використовуються для підтримки комфортного мікроклімату. Результати дослідження показують, що належна інтеграція таких технологій дозволяє оптимізувати витрати на опалення та охолодження, одночасно забезпечуючи безпечні умови для користувачів. Стаття підкреслює важливість регулярного моніторингу та обслуговування систем в умовах високих навантажень у тирах.

2. Обґрунтування принципових рішень системи вентиляції спеціалізованих тирів

2.1. Обґрунтування системи вентиляції

Для того, щоб після півгодинного перебування в приміщенні, самопочуття клієнтів не погіршувалося через брак свіжого повітря та наявність у повітрі шкідливих речовин, буде потрібна якісна та ефективна система вентиляції.

Відповідно до санітарних норм, такі приміщення обов'язково мають бути обладнані *припливно-витяжною механічною системою вентиляції*. Тому при проектуванні вентиляції стрілецьких тирів необхідно керуватися розрахунками гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у вогневій зоні тиру, встановлених державою.

Відповідно до правил, у закритих і напівзакритих тирах (мають стіну між стрілецькою галереєю та вогневою зоною), потрібно обов'язково передбачити систему *припливно-витяжної механічної вентиляції*.

Кратність повітрообміну в таких приміщеннях згідно з встановленими нормами залежить від особливостей тиру. Для вогневої зони закритого тиру та стрілецької галереї приплив повітря встановлюється з розрахунку компенсації

витяжки, витік розраховується за нормою 600 м³/год на одне стрілецьке місце в тирах для стрільби з малокаліберної зброї та 1200 м³/год на одне стрілецьке місце зброї.

Свіже повітря в таких приміщеннях повинно подаватися у верхній зоні стрілецької галереї з боку торцевої стіни (за межами вогневого рубежу) по всій її ширині.

Видалення повітря в закритих тирах відбувається через витяжні отвори, які повинні бути розміщені під стелею вогневої зони в 4-6 метрах попереду лінії вогню (2/3 об'єму загальної кількості повітря, що видаляється) і внизу обох бічних стін на відстані 2 м від лінії вогню (1/3 повітря, що видаляється).

Через витяжні отвори, розташовані спереду та збоку лінії вогню, відбувається видалення диму та газу від пострілів не тільки з вогневої зони, але з району вогневого рубежу.

Облаштувати в закритих тирах витяжку повітря всередині або наприкінці вогневої зони не рекомендується, оскільки в цьому випадку дим і газу можуть поширюватися по всій вогневій зоні і при інтенсивній стрільбі утворюватиметься своєрідний туман, що погіршує видимість мішеней.

У тирах, де стрілянина виробляють із кількох вогневих рубежів (наприклад, у великому 100-метровому тирі може бути п'ять вогневих рубежів), витяжку слід монтувати окремо перед кожною лінією вогню. При цьому необхідно забезпечити можливість перемикання зон витяжки відповідно до місця проведення стрілянини.

У всіх підсобних приміщеннях достатньо вентиляції, аналогічної до звичайних житлових приміщень.

Одним із найкращих варіантів організації необхідного повітрообміну в тирі сьогодні є корисна функція роздільного керування припливом та витяжкою дозволить регулювати якість повітря в режимі реального часу, забезпечуючи відвідувачам безпеку та комфорт під час стрілянини.

У тирах закритого типу вентиляцію влаштовують тільки *витяжну*, за допомогою електровентиляторів або дефлекторів.

Витяжку повітря зі стрілецької галереї робити не слід, тому що при цьому втягуватиметься через бійниці всередину приміщення дим від пострілів. Також не рекомендується влаштовувати витяжку в кінці вогневої зони біля лінії мішеней, тому що в цьому випадку дим розсіюватиметься по всій зоні, утворюючи своєрідний туман, що погіршує видимість мішеней.

Тільки у разі стрілянини в тирах для бойової зброї розривними або трасуючими кулями буває необхідно, крім основних витяжок над лінією вогню, влаштовувати додаткові витяжки наприкінці вогневої зони тира.

Витяжні отвори роблять на початку вогневої зони, розташовуючи їх в стелі або в бічних стінах під стелею в 3-4м попереду бійниць. При такому їх розташуванні буде досягнуто відсмоктування диму та газів від пострілів не тільки з вогневої зони, через бійниці та з приміщення стрілецької галереї.

Свіже повітря в стрілецьку галерею подається через кватирки або спеціальні отвори та канали в печах або біля нагрівальних приладів опалення.

Для витяжки встановлюють невеликі осьові вентилятори або звичайні електровентилятори.

Там, де немає електроенергії, витяжку диму та газів з тирю можна здійснювати за допомогою дефлекторів, розташовуючи їх забірні отвори в стелі в 3-4 м попереду лінії вогню. Зазвичай застосовують дефлектори типу Шанар (рис. 33) або з насадками типу Григоровича (рис. 34), або, нарешті, пароплавного типу; останні встановлюють для витяжки повітря за вітром, а для припливу проти вітру.

Дефлектори слід встановлювати так, щоб поблизу них не було частин будівлі, що піднімаються, можуть відхиляти або затримувати вітровий повітряний потік. Тому дефлектори піднімають вище ковзана даху. В інших приміщеннях тирю вентиляцію влаштовують звичайним способом, як у громадських та житлових будинках.

Система очищення забирає повітря з атмосфери, вводить його в діапазон, фільтрує повітря, а потім випускає очищене повітря назад в

атмосферу. У системах очищення використовуються попередні фільтри, які змінюються щомісяця, і фільтри HEPA, які змінюються кожні 2400 годин.

Коли справа доходить до вибору системи вентиляції для стрільбища, необхідно враховувати кілька важливих факторів. До них відносяться розмір стрільбища, кількість стрілецьких доріжок і обсяг стрільби. Також важливо враховувати місцевий клімат і погодні умови, оскільки вони можуть суттєво вплинути на ефективність вентиляційної системи.

Однак вибір правильної вентиляційної системи полягає не лише в дотриманні цих основних вимог. Йдеться про те, щоб забезпечити безпеку та задоволення кожного, хто користується асортиментом. Хороша вентиляційна система повинна не тільки ефективно видаляти забруднюючі речовини з повітря, але також повинна бути енергоефективною та легкою в обслуговуванні. Це критична інвестиція, яка може значно підвищити безпеку та якість стрільбища, забезпечуючи безпечне та комфортне середовище для всіх.

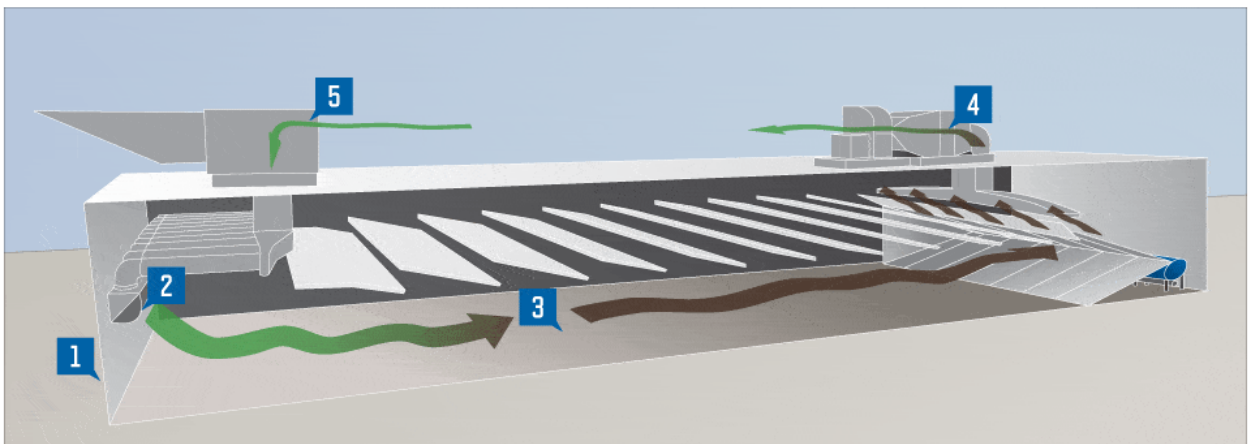


Рис. 1. Система продувочної вентиляції

1. Керування системою - доступні цифрові та аналогові системи дозволяють контролювати систему вентиляції та забезпечують віддалений доступ для обслуговування.

2. Ламінарна дифузія - у стрільбище за стрілецькою лінією подається чисте повітря. Радіальний дифузор забезпечує рівномірний розподіл повітря.
3. Потік повітря - від'ємний тиск повітря безпечно відтягує небезпечний пил від стрільця до кулевого затвора зі швидкістю 75 футів на хвилину, що перевищує мінімальні стандарти NIOSH. Потім він потрапляє в передову систему фільтрації для остаточного очищення.
4. Витяжна камера - витяжний вентилятор (REF) фільтрує забруднене повітря, щоб підтримувати територію навколо стрільби в чистоті, що перевищує вимоги OSHA, EPA та NIOSH.
5. Блок підготовки повітря - блок підживлення (MAU) забирає та фільтрує повітря з атмосфери та вводить його в діапазон. Агрегати можливі з нагріванням або з нагріванням і випарним охолодженням.

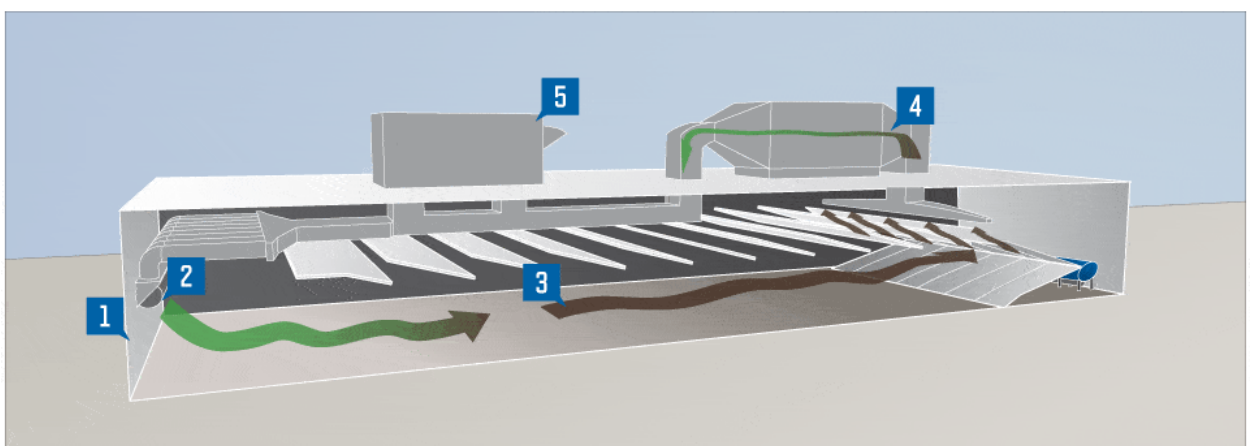


Рис. 2. Рециркуляційна система вентиляції

Рециркуляційна система вентиляції повторно використовує повітря з діапазону після фільтрації, щоб гарантувати, що повторно введене повітря є чистим. Оскільки система використовує вже охолоджене або нагріте повітря, ці системи потребують менше енергії для функціонування. Системи рециркуляції можна налаштувати для видалення вологи з діапазону. Є системи опалення та механічного охолодження.

1. Керування системою - доступні цифрові та аналогові системи дозволяють контролювати систему вентиляції та забезпечують віддалений доступ для обслуговування.
2. Ламінарна дифузія - у стрільбище за стрілецькою лінією подається чисте повітря. Радіальний дифузор забезпечує рівномірний розподіл повітря.
3. Потік повітря - від'ємний тиск повітря безпечно відтягує небезпечний пил від стрільця до кулевого затвора зі швидкістю 75 футів на хвилину, що перевищує мінімальні стандарти NIOSH. Потім він потрапляє в передову систему фільтрації для остаточного очищення.
4. Витяжна камера - витяжний вентилятор (REF) фільтрує забруднене повітря, щоб підтримувати територію навколо стрільби в чистоті, що перевищує вимоги OSHA, EPA та NIOSH. Системи рециркуляції випускають приблизно 30% повітря, щоб зберегти більшу частину повітря, яке вже було охолоджено або нагріто, покращуючи енергоефективність.
5. Блок підготовки повітря - блок підживлення (MAU) забирає та фільтрує повітря з атмосфери та вводить його в діапазон. Близько 20% від загального обсягу повітря, що використовується системою вентиляції, всмоктується через MAU.

2.2. Опис сценаріїв роботи спеціалізованого тиру

Вогнева підготовка є одним з основних напрямків професійної службової підготовки прикордонників і спрямована на формування стійких навичок у поведженні з вогнепальною зброєю.

Як показує сучасний досвід несення прикордонної служби і ведення бойових дій, добре володіння зброєю є запорукою успіху проведення спеціальних операцій із захисту кордонів країни і виконання бойових завдань, а також збереження здоров'я і життя особового складу своїх підрозділів. Сучасний стрілецький бій характеризується рішучістю, напруженістю й швидкоплинністю, динамічністю, швидким переходом від одних дій до інших. Тому Міністр оборони, Командувач Державної прикордонної служби України вимагають від командирів різних рівнів звернути особливу увагу на тактично вогневу підготовку підрозділів і кожного прикордонника особисто.

Професійне володіння вогнепальною зброєю у подальшому дозволить їм не тільки фахово та професійно виконувати свої обов'язки, але й в екстремальних випадках зберегти своє життя та життя інших людей від протиправних посягань правопорушників. Найбільш ефективним слід вважати постійне практичне індивідуальне і колективне відпрацювання навичок володіння зброєю, її швидкого приведення в бойову готовність, та негайного реагування на будь-які ситуації. Чим більше прикордонники набудуть досвіду під час практичних занять під контролем інструкторів-фахівців, тим більша буде ймовірність чіткого використання зброї у майбутній оперативно-службовій діяльності з мінімальною ймовірністю допущення помилок. В цьому напрямку підготовки велике значення мають навчально-тренувальні стрілецькі бази, полігони, тири, де за цілеспрямованими програмами особовий склад здобуває та удосконалює навички володіння зброєю, наявною на озброєнні підрозділів і військових частин, відпрацьовує тактичні елементи із застосуванням зброї.

Комплекс стрілецьких тирів (споруда по ГП №1), що запроектовано призначений для відпрацювання особовим складом збройних сил вправ зі стрільби із наступної стрілецької зброї:

- пістолету калібром 9 мм,
- гвинтівки калібром 5.45 або 5.56 мм,
- автомату калібром 7.62 або 338 мм.

Комплекс складається з таких елементів (споруд):

- стрілецького тиру на 14 стрілецьких місць з дистанцією вогню 100 м;
- стрілецького тиру на 14 стрілецьких місць з дистанцією вогню 50 м;
- стрілецького тиру 35x35 м по типу «Keeler house» для відпрацювання практичних навичок бою «спина до спини», в тому числі: штурму, захопленню, звільненню, «зачистки» і т.д. приміщень і будівель із застосуванням бойової вогнепальної зброї;
- допоміжного блоку для адміністративно-складських, технічних та санітарно-побутових приміщень.

Згідно технічного завдання на проектування робота комплексу стрілецьких тирів - цілодобова, графік відвідування - постійний, робота всіх тирів - одночасна, 6 днів на тиждень, 300 робочих днів на рік.

Режим роботи обслуговуючого персоналу - в 3 зміни по 8 годин.

Пропускна здатність кожного тиру - не менше 90 чоловік за добу.

Кількість військовослужбовців на одне заняття в кожному тирі – 20 чоловік.

Тривалість заняття - до 3 годин. Технічна перерва між заняттями – 1 година. Кількість пострілів на одну особу за одне заняття - до 100 пострілів.

Розрахункове кульове навантаження для кожного тиру – 667 пострілів/годину;

Пропускна здатність комплексу у вказаному режимі – до 300 чоловік/добу.

2.3. Розрахунок витрат повітря з умови асиміляції розбавлення до ГДК компонентів згорання піроксилінового пороху

Шкідливі викиди в повітря при стрільбах надходять у вигляді хімічних сполук від згорання ініціюючих речовин, виділення порохових газів, важких металів та інших шкідливих речовин, номенклатура і кількість яких залежить від рецептури виробника боєприпасів.

В теперішній час ЗСУ та інші збройні структури знаходяться у стані переходу на стандарти НАТО, в тому числі щодо стрілецької зброї та боєприпасів до неї.

В рецептурі ударних складів західних зразків капсулів-запальників для набоїв стрілецької нарізної зброї, такі хімічні сполуки як гримуча ртуть, та з'єднання свинцю, через їх токсичність та оржавлюючі властивості не використовуються.

Наприклад, для єврокапсулів за патентом США часто застосовується такий склад:- діазодінітрофенол - 40%;

- теразен - 10%;
- двоокис марганцю - 30%;
- скло - 20%.

Середнє навішування ударного складу на 1 капсуль складає 0,03 г.

Крім того, в середньому, при пострілі на 1 патрон калібру 7.62 мм доводиться згорання піроксилінового порошу в кількості 2,77г (при інтенсивності стрільб 667 вистрілів на годину маємо $2,77 \times 667 = 1847$ г/год).

Кількість теоретично можливих виділень забруднюючих речовин у повітря при згоранні піроксилінового порошу наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Склад компонентів, які утворюються після пострілу

| Продукт згорання | Зміст компоненту, г/кг | Кількість компоненту г/год |
|---|------------------------|----------------------------|
| H ₂ O ₂ (перекис водню) | $7,5 \times 10^{-5}$ | $13,85 \times 10^{-5}$ |
| NO _x (окисли азоту) | 0,013 | 0,024 |
| NH ₃ (аміак) | 0,22 | 0,4 |
| N ₂ H ₄ (гідразин) | $1,4 \times 10^{-7}$ | $2,59 \times 10^{-7}$ |
| CO (оксид вуглецю) | 551,6 | 1018,8 |
| CO ₂ (діоксид вуглецю) | 140,8 | 260,1 |
| C ₂ N ₂ (диціан) | $8,2 \times 10^{-5}$ | $15,14 \times 10^{-5}$ |
| HCN (ціанистий водень) | 0,2 | 0,369 |

Витяжку повітря з тиру на одне стрілецьке місце прийнято – не менше 1500 м³/год. Типи порошу та їх компонентний склад наведені нижче:

1. Бездимний порох (Нітроцелюлозний)

- **Склад:** Нітроцелюлоза є основним компонентом, іноді з додаванням нітрогліцерину для збільшення енергії.
- **Продукти згоряння:** Під час згоряння утворюються гази, як-от вуглекислий газ (CO_2), водяна пара (H_2O), нітроген (N_2) та деякі окиси азоту (NO_x). Цей тип пороху має низький рівень диму завдяки повному згорянню.

2. Нітрогліцериновий порох

- **Склад:** Суміш нітрогліцерину з нітроцелюлозою або іншими стабілізаторами.
- **Продукти згоряння:** Подібно до нітроцелюлозного, утворює вуглекислий газ, водяну пару і нітроген. Нітрогліцерин додає більше енергії і може призводити до вищих тисків в стволі зброї.

3. Чорний порох (традиційний)

- **Склад:** Вугілля (C), сірка (S), селітра (KNO_3).
- **Продукти згоряння:** Утворює велике кількість диму та продуктів згоряння, таких як діоксид сірки (SO_2), вуглекислий газ (CO_2), сульфат калію (K_2SO_4), азот (N_2), та різні види сажі. Чорний порох генерує більше диму та залишків, ніж бездимні порохи.

4. Димний порох (іноді використовується у театральних ефектах)

- **Склад:** Схожий на чорний порох, але з модифікованими складовими для специфічних ефектів.
- **Продукти згоряння:** Залежно від компонентів, включає велику кількість чаду та диму.

Ці продукти згоряння обумовлюють вибір пороху в залежності від типу застосування, адже від них залежать як ефективність, так і безпека використання боєприпасів.

Швидкість повітряного потоку на лінії вогню прийнято - 0,5 м/с.

Робота на висоті пов'язана з експлуатацією тренувальної вежі висотою 20 м (споруди по ГП №2), з повномасогабаритною моделлю гвинтокрила «Мі-

8» для відпрацювання вправ з безпарашутного десантування. Наявність висоти несе потенційну загрозу здоров'ю та життю особовому складу як при підйомі на вежу, так й при тренуваннях з безпарашутного десантування.

Технічний стан конструкцій споруди, обладнання і пристосувань для десантування також впливають на безпеку функціонування комплексу.

Для дотримання норм охорони праці та техніки безпеки враховуючи вказані небезпечні фактори при експлуатації комплексу стрілецьких тирів проектом передбачаються ряд заходів на їх мінімізацію або повне виключення.

Основною умовою виключення такого основного фактору, як дія куль, що летять, є забезпечення повної безпеки стрільб для всіх осіб, що знаходяться як у тирі, так і за його межами на будь якому віддаленні. Для цього при проектуванні та будівництві тирів необхідно повністю виключити можливість вильоту куль за межі тиру, забезпечити всі необхідні умови, що запобігають утворенню рикошетів і розльоту фрагментів куль, небезпечних для стрільців та інструкторів, що знаходяться у тирі. Броньовий захист тирів 50 і 100 м за стійкістю до дії куль стрілецької зброї передбачається 5 класу.

Броньовий захист тиру 35х35м – 3 класу.

Для захисту від некерованого рикошету та забезпечення надійної звукоізоляції й звукопоглинання у приміщеннях стрілецьких галерей передбачається облицювання підлоги, стін і стелі звукопоглинаючими та антирикошетними матеріалами. Всі матеріали, що використовуються для оздоблення стін і стелі стрілецької галереї, відносяться до категорії НГ або Г1. Підлогу в стрілецьких галереях тирів на 100 і 50 м передбачається виконати з рикошетопоглинаючих матеріалів з фінішним покриттям, що дозволяє проводити вологе прибирання. Антирикошетні властивості огорожуючих конструкцій антирикошетної системи, броньова стійкість кулевідбивачів та кулеуловлювачів повинні підтверджуватись відповідними сертифікатами виробників, а за їхньої відсутності проведенням вогнепальних випробувань із заданих видів зброї, що буде використовуватися. Характеристики патронів наведені в списку нижче:

1. 5.56x45mm NATO

- **Тип пороху:** Бездимний порох
- **Кількість пороху:** Близько 24-26 гран
- **Характеристики:** Висока швидкість, використовується в штурмових гвинтівках
- **Призначення:** Військове та тактичне використання

2. 7.62x39mm

- **Тип пороху:** Бездимний нітроцелюлозний
- **Кількість пороху:** Близько 23-24 гран
- **Характеристики:** Середня швидкість, потужність для автоматів
- **Призначення:** Військове використання

3. .308 Winchester (7.62x51mm NATO)

- **Тип пороху:** Бездимний порох
- **Кількість пороху:** Близько 44-46 гран
- **Характеристики:** Висока потужність і енергія
- **Призначення:** Полювання, тактичне застосування

4. .22 Long Rifle

- **Тип пороху:** Бездимний порох
- **Кількість пороху:** Близько 1-2 гран
- **Характеристики:** Низька швидкість та потужність
- **Призначення:** Тренування, спортивна стрільба

5. 12 Gauge Shotgun

- **Тип пороху:** Нітрогліцириновий
- **Кількість пороху:** Варіюється за типом снаряду
- **Характеристики:** Використовується змінний зарядок, залежно від снаряду
- **Призначення:** Полювання, самооборона

Випробування проводяться спеціалізованою організацією, що має відповідну державну ліцензію на право здійснення такої діяльності. Не допускається в тирах використання боєприпасів і набоїв з бронебійними,

броньовано-запальними та трасуючими кулями. Не допускається використання зброї та набоїв (боєприпасів), що перевищують встановлений клас захисту даного тир. Кулестійкість та живучість визначають за нормативною документацією на конкретний тир, затвердженою в установленому порядку. Кулеуловлювачі та інші кулестійкі елементи броньового захисту тирів виготовляються зі сталевих листів твердістю 360...480 ІВ. Застосування для відповідальних елементів броньового захисту тир матеріалів з більшою твердістю не рекомендується через їх низьку живучість при високому кульовому навантаженні. Товщина сталевих листів для конструкції фронтального кулеуловлювача і кулевідбивачів визначено за умови забезпечення необхідної живучості та класу захисту, і складає – 10 мм. Усунення дуже великого рівня шуму від вогнепальної зброї є неодмінною умовою підвищення безпеки військовослужбовців під час проведення стрільб зі стрілецької зброї. Для забезпечення травмобезпеки органів слуху військовослужбовців від впливу ІШ необхідно:

- проведення аудіометричного дослідження всіх учасників вогневої підготовки до початку заняття та після;
- вирішення питань забезпечення ефективними ЗІЗ органів слуху (як штатними, так і позаштатними), що добре поєднуються з іншими елементами бойового екіпірування;
- підвищення рівня гігієнічної компетентності військовослужбовців;
- зниження шуму від джерела.

Основним напрямком забезпечення безпеки роботи на висоті є чітке її планування та організація, постійний контроль технічного стану тренажеру і спорядження для десантування. При проведенні тренувань з БПД керівник тренування (інструктор) зобов'язаний:

- спланувати та продумати тренування (заняття), підготувати його план;
- перевірити технічний стан і готовність тренажеру до застосування;
- визначити вправи, завдання, які мають бути відпрацьовані, екіпірування та спорядження десантників;

- узгодити зі старшим керівником стрільб порядок виконання вправ БпД для наступного переходу до тирів і виконання в них стрільб. У ході попередньої підготовки керівник (інструктор) проводить інструктаж о/с, що залучається до десантування, з порядку виконання спусків та з дій у надзвичайних ситуаціях, що виникають при спусках. Правила безпеки при проведенні тренування БпД на тренажері:

- десантний канат повинен бути оглянутий на цілісність, відсутність плісняви, порізів, обривів, засохлого бруду, плям від палива і мастила, інших хімічних речовин;
- не використовувати сірники, запальнички, не курити поблизу десантного спорядження;
- всі, хто спускаються, повинні мати шолом, спускові рукавички;
- не повинно бути гострих предметів у кишенях одягу і екіпірування, а також на прилеглий місцевості;
- кількість тих, хто спускається, повинна забезпечувати виконання правил спуску і виконання завдання.

2.4.Рішення щодо автоматизації системи вентиляції в роботі різних режимів

Автоматизація систем вентиляції стає все більш важливою в умовах зростаючих вимог до енергоефективності та екологічної стійкості. Завдяки впровадженню новітніх технологій можливо зменшити витрати енергетичних ресурсів, покращити якість повітря та забезпечити комфортні умови для користувачів. Розглянемо, як автоматизація вплине на енергозбереження та які методи управління системами вентиляції можуть досягти цих цілей.

Системи автоматизації вентиляції зазвичай включають датчики, які моніторять різні параметри, такі як температура, вологість, концентрація CO₂ та інших забруднюючих речовин. Завдяки цьому інформація про стан повітря передається в центральну систему управління, яка аналізує дані та регулює

роботу вентиляційних установок. Це дозволяє значно знизити споживання енергії, оскільки система працює лише в разі потреби.

Автоматизовані системи можуть адаптувати витрату повітря відповідно до фактичної потреби. Наприклад, у приміщеннях з низькою зайнятістю вентиляція може бути знижена, що зменшує енерговитрати на обігрів або охолодження повітря. Цей підхід дозволяє зменшити витрати на електроенергію без компромісів у якості повітря.

Системи вентиляції з рекуперацією тепла передбачають використання тепла видуваного в атмосферу повітря для попереднього обігріву чи охолодження припливного повітря. Автоматизація процесу рекуперації забезпечує максимально ефективне використання енергії, оскільки система стає здатною адаптуватися до зміни зовнішніх температур та умов навколишнього середовища, зменшуючи тим самим загальні витрати на енергетичні ресурси.

Використання сучасного програмного забезпечення для управління системами вентиляції дозволяє реалізувати складні алгоритми контролю, що забезпечують оптимізацію роботи системи в автоматичному режимі. Такі системи можуть виконувати моніторинг витрат енергії в реальному часі, аналізувати дані та адаптувати роботу, наприклад, змінюючи швидкість обертання вентиляторів в залежності від навантаження. Це забезпечує зменшення використання енергії в години з низькою активністю.

Адаптивні системи управління дозволяють налаштувати роботу вентиляції у відповідності зі змінами в умовах повітря. Наприклад, в системах, що активно використовують технологію Інтернету Речей (IoT), можуть інтегруватися датчики, які в режимі реального часу реагують на мікрокліматичні зміни. Це забезпечує не лише енергоефективність, але й підвищує рівень комфорту для користувачів.

Системи, що контролюють якість повітря, можуть автоматично налаштовувати вентиляцію залежно від рівнів CO₂, пилу та інших забруднюючих речовин. Коли забруднення перевищують певний поріг, система активує вентиляцію на повну потужність, а коли забруднення

знижується, вона автоматично зменшує потужність роботи. Це допомагає знизити енергетичні витрати, водночас підтримуючи здоров'я та комфорт користувачів.

Автоматизація систем вентиляції має значний вплив на витрати енергетичних ресурсів. Використання сучасних технологій контролю, адаптивних систем управління та інтеграції різних сенсорів дозволяє забезпечити оптимальні умови в приміщеннях при зменшенні енергетичних витрат. Завдяки автоматизації, вентиляційні системи стають не лише більш ефективними, але й здатні реагувати на зміни в навколишньому середовищі, що робить їх безперервно адаптивними до потреб користувачів.

Переваги автоматизації систем вентиляції

- 1. Зниження витрат на енергію:** В автоматизованих системах вентиляції використання енергії оптимізується, що призводить до значного зниження витрат. Автоматичні налаштування та контроль за параметрами повітря дозволяють зменшити функціонування потужних установок у періоди низької потреби.
- 2. Поліпшення якості повітря:** Автоматизовані системи здатні краще контролювати якість повітря. Регулярне видалення забруднюючих речовин та підтримання оптимальних умов комфорту веде до зниження захворювання серед користувачів. Більша увага до якості повітря підвищує загальний комфорт і продуктивність.
- 3. Збільшення терміну служби обладнання:** Залежно від умов експлуатації, автоматизація може зменшити навантаження на вентиляційне обладнання. Використання датчиків для оптимізації роботи системи може продовжити термін її служби, зменшуючи потребу у частому обслуговуванні та ремонті.
- 4. Краща інтеграція з іншими системами:** Автоматизовані системи вентиляції можна легко інтегрувати з іншими системами в будівлі, такими як опалення (HVAC), системи освітлення та безпеки. Це може знизити загальне енергоспоживання будівлі.

Системи автоматизації та сучасні методи керування системами вентиляції забезпечують ефективне використання енергетичних ресурсів. Впровадження таких рішень не лише знижує витрати, а й покращує якість повітря у приміщеннях, створюючи комфортні умови для проживання та роботи. Завдяки автоматизації стає можливим реалізувати інтегровані підходи для підвищення енергоефективності, що рішуче підтримує сталий розвиток та екологічну відповідальність.

Таким чином, інвестиції в автоматизацію та інтелектуальні системи вентиляції є важливими не лише з економічної, але й з екологічної точки зору, що, в свою чергу, забезпечує більш здорове і комфортне життя для користувачів приміщень.

Система складається з таких компонентів:

1) Автоматизовані робочі місця (робочі станції) диспетчерів РМ1 та РМ2, зі встановленим заздалегідь програмним забезпеченням SCADA/HMI (система візуалізації та управління технологічними процесами), а також кнопковими постами вибору режимів вентиляції тирів 100 та 50м.

2) Щит диспетчеризації ЩА-Д на базі вільно-програмованого контролера Freemax Middle. Виконує функції:

- моніторинг показань лічильника SENSUS на водомірному вузлі за допомогою протоколу M-Bus;
- моніторинг робочих та аварійних станів вентиляційних систем тирів;
- отримання сигналів від кнопкових постів вибору режиму вентиляції від РМ1 та РМ2 з подальшою передачею даних до шаф управління вентиляцією через мережу Ethernet по протоколу Modbus/TCP;
- комутації мережі диспетчеризації за допомогою промислового 8-портового комутатора МОХА;

В якості основного протоколу передачі даних прийнято промисловий протокол Modbus-TCP, розроблений для Ethernet мережі TCP/IP.

Протокол передбачає один активний (який дає запит) пристрій в лінії (OPC Modbus TCP server зі статусом master), який може звертатися до декількох

пасивних пристроїв (slave), звертаючись до них за унікальною адресою в лінії. Синтаксис команд протоколу дозволяє адресувати 254 пристрої, з'єднані в мережу.

Ініціатива проведення обміну завжди виходить від головного пристрою. Ведені пристрої прослуховують лінію зв'язку. Master подає запит (посилка, послідовність байт) в лінію та переходить в стан прослуховування лінії зв'язку. Slave відповідає на запит, що надходить до його адреси.

Закінчення посилки у відповідь master визначає, вимірюючи інтервал часу між закінченням приймання попереднього байта та початком приймання наступного. Якщо цей інтервал перевищив час, необхідний для приймання двох байт на заданій швидкості передачі, приймання кадру відповіді вважається завершеним. Кадри запиту та відповіді по протоколу Modbus-TCP мають фіксований формат, наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Кадр посилки Modbus-TCP

| Поле кадру | Довжина в байтах |
|--|------------------|
| Номер кадру, що передається | 2 |
| Ідентифікатор протоколу Modbus-TCP ¹⁾ | 2 |
| Довжина кадру, що передається ²⁾ | 2 |
| Адреса Master ³⁾ | 1 |
| Код команди | 1 |
| Дані | ≤252 |
| ¹⁾ Завжди 00 00. ²⁾ Кількість байт кадру посилки, рахуючи від адреси master. ³⁾ Адреса master слугує для організації адресації пакетів у мережі з кількістю master більше одного. | |

В якості сервера виступають комп'ютери диспетчерів, які ініціюють передачу даних пристроям в мережі по заздалегідь заданому алгоритму. В якості пристроїв Slave виступають контролери в щиті диспетчеризації ЩА-Д та в щитах автоматики вентиляції.

M-Bus (Meter-Bus) — стандарт фізичного рівня польової шини на основі асинхронного інтерфейсу, а також комунікаційний протокол, що

використовується для зв'язку пристроїв по цій шині. Шина полудуплексна, допустимі швидкості передачі даних 300-9600 біт/с. Погонна ємність лінії не більше 180 нФ, опір до 29 Ом. Дальність роботи в стандартній конфігурації до 1000 м. Дальність роботи slave-пристрою до повторювача сигналу до 350 м. Число пристроїв в мережі до 250. Master передає дані, змінюючи напругу на лінії: логічний "1" відповідає 36 В, логічному "0" 12..24 В. Підпорядкований пристрій передає дані навантаженням лінії: в пасивному стані (логічна "1") струм навантаження на лінію зв'язку має бути не більше 1,5 мА і не змінюватись при відсутності передачі. Для передачі логічного "0" підпорядкований пристрій збільшує струм споживання до 11..20 мА. Відповідно, Master відслідковує зміну струму навантаження, визначаючи логічну "1" як незмінний струм, а збільшення струму споживання як логічний "0".

Оскільки фізичний рівень мережевий, то до однієї пари провідників може приєднуватись декілька підпорядкованих пристроїв (до 250 згідно стандарту). Тобто сумарний струм споживання шини від Master може доходити до $250 * 1,5 \text{ мА} + 20 \text{ мА} = 400 \text{ мА}$. Стандарт дозволяє одному підпорядкованому займати до 4-х одиничних навантажень, тобто до 6 мА.

Пристроєм Slave в даному проекті виступає модуль HRI-B Data Unit водяного лічильника SENSUS на водомірному вузлі. Пристроєм Master виступає модуль IC M-bus/RS-485, встановлений в щиті диспетчеризації ЩА-Д.

Проектом передбачається реалізація системи візуалізації та управління залученими в систему диспетчеризації процесами на базі SCADA-системи ESM виробництва "Раут-Автоматік". . . . Робота з системою візуалізації може здійснюватись як локально, так і через комп'ютерну мережу об'єкта що проектується, інтернет. Доступ до системи здійснюється користувачами, кожному з яких призначаються відповідні права та рівні

доступу. Користувач може змінювати параметри технологічного процесу та/або безпосередньо керувати ним.

Система має підтримувати:

- Обмін даними з будь-якими контролерами;
- Обмін даними по локальній мережі;
- Робоче середовище до 500 точок (параметрів);
- Генерування та обробку аварійних сповіщень;
- Архівацію даних та аварійних сповіщень;
- Резервування;
- Графічне відображення технологічних процесів залучених в систему диспетчеризацію процесів;
- Управління технологічними процесами;
- Відображення та підтвердження активних аварійних сповіщень;
- Відображення та друк аварійних сповіщень;
- Представлення та друк даних з архіву у формі графіків та таблиць;
- Незалежність від операційної системи;
- Вбудований WEB-сервер для роботи зі SCADA через Веб-браузер;
- Підтримку обміну даними з пристроями в мережі Modbus-TCP;
- Роботу зі скриптами.

Система диспетчеризації передбачає моніторинг та/або телекерування нижче перерахованими параметрами наступних систем:

1) Системи вентиляції:

- Дистанційний пуск та зупинка;
- Автоматичне перемикання режимів роботи ПВ1 та ПВ2:
 - I Режим рекуперація (основний рубіж): температура внутрішнього повітря +18°C, відкриті клапани 1, 2, закриті клапани 3, 4.
 - II Режим рекуперація (середня зона): температура внутрішнього повітря +18°C, відкриті клапани 3, 4, закрито клапан 2, клапан 1 працює на 50%.

- III Режим (чергове опалення, 100% рециркуляція): температура внутрішнього повітря +13°C, відкриті клапани 3, 4, закрито клапан 2, клапан 1 працює на 50%.

2) Система водопостачання:

- Моніторинг споживання води.

Монтаж електричних проводок системи (лінії контролю, управління, лінії електроживлення) повинен проводитися у відповідності з проектною документацією, а також з вимогами нормативної документації: ПУЭ, СНиП 3.05.06, СНиП 3.05.07.

Групові силові та сигнальні кабелі прокладати в металевих перфорованих лотках, окремі кабелі в гофрованих пластикових трубах з протяжкою.

Захисне заземлення і занулення електрообладнання повинно відповідати вимогам ПУЭ, СНиП 3.05.06.

3. Практичне застосування результатів роботи та впровадження на прикладі об'єкту в Київській області

3.1. Вихідні дані для проектування

Тири призначено для виконання навчальних та тренувальних стрільб з бойової особистої та групової зброї підрозділами збройних сил з виконанням вправ за «Курсом стрільб зі стрілецької зброї, бойових машин, катерів Морської охорони в Державній прикордонній службі України», а також спеціальних і спортивних стрільб.

Біля стіни, перед смугою для інструктора передбачена смуга вихідного рубежу для шикування особового складу при доведенні завдання на вправу й перевірки готовності зброї і стрільців до виконання вправи, та початку руху до стрілецьких місць на рубіж ведення вогню.

За необхідністю організації пункту боєпостачання у кутку з тилу вогневого рубежу передбачено місце роздавача боєприпасів, яке обладнано розкладним навісним письмовим столом та стільцем.

Для проходу особового складу з вогневого рубежу до вогневої зони майже на всю ширину галереї передбачено облаштування сходів, за винятком пандусу для вантажних операцій завширшки 1,5 м і ухилом 1:6.

На вогневому рубежі передбачається встановлення моніторів відеоспостереження за влученням у мішені при стрільбі на 100 м.

Для демонстрації мішеней на бічних стрілецьких (бенчрест) місцях передбачаються підвісні акумуляторні транспортувальні каретки, з довжиною колії 102,5 м і пультами керування по радіоканалу, що знаходяться на столах. Зарядка акумулятору здійснюється під час стоянки каретки в депо, яке змонтовано спочатку підвісної колії.

Мішеневе обладнання тиру на етапі введення в експлуатацію передбачається класичного типу з фанери, дерева та паперу з перспективою до переходу на електромеханічні з радіокеруванням типи мішеней.

Для захисту фронтальної (замикаючої) стіни тиру від головного кулевого навантаження, в замішеному просторі передбачається встановлення кулеприймального пристрою-кулеуловлювача.

Бронезахист кулеуловлювача розраховано на дію куль калібру 7.62 мм бойової зброї і відноситься до 5 класу захисту. Конструктивно кулеуловлювач складається з металевої рами і похилих з'ємних бронеплит товщиною 10 мм, що «вловлюють» кулі по всій ширині та висоті фронтальної стіни вогневої зони тиру. Кулеуловлювач має конструктивну можливість для періодичного чищення і збирання куль та їх фрагментів. Орієнтовну схему улаштування кулеуловлювача наведено на технологічному плануванні (арк. 2, див. Вузол 1). Зверху до рами перед кулеуловлювачем кріпиться гумовий пробивний екран, що забезпечує візуально рівномірний фон за мішенями та частково затримує виділення пилу й газів при деформуванні куль в простір вогневої зони.

Для натягування та зручного відкриття екрану при періодичному чищенні кулеуловлювача внизу екрану монтуються пристрої натягування.

Перед екраном передбачається встановлення броньованих стельових, підлогових та бокових кулевідбивачів, які направляють кулі що відхилилися від потрібного напрямку до фронтального кулеуловлювача.

Мішені розташовують на спеціальних стійках на лінії мішеней попереду фронтального кулеуловлювача, або у вогневій зоні на пересувних кулеуловлювачах в залежності від вправ.

Запас заготівель для мішеней зберігається в коморі допоміжного блоку, готові мішені – у виділеній зоні зберігання впродовж бічних стін вогневої зони тиру, де виконуються вправи з верстатного вогню і мінімальна ймовірність пошкодження кулями.

Згідно технічного завдання для проведення тактико-вогневих вправ військовослужбовцями в складі підрозділів (груп) зі стрільбою на 180° із штатної зброї по різних мішенях з переміщенням до вогневої зони тиру передбачений заїзд автомобіля-мікроавтобуса типу Volkswagen Transporter Kombi T5. Для цього тир облаштовано кулестійкими воротами розміром 3200x2500(h), пандусом для прямолінійного заїзду/виїзду, та зоною підлоги позначеною для переміщення автомобіля з посиленням антирикошетним гумовим покриттям. Час роботи автомобілю в тирі при доставці бійців прийнято - до 10 хвилин.

Тир облаштовано захищеним освітленням, опаленням та вентиляцією, відеоспостереженням, гучномовним селекторним зв'язок, сигналізацією про положення воріт і дверей у вогневій зоні.

По обох бічних стінах тиру на дистанціях 15, 25, 50, 75м для підключення підлогоминої машини по низу галереї на h=300мм передбачені розетки 220В, 16А, IP44 із бронезахистом від куль та антирикошетним покриттям.

Керування освітленням тиру, рубежів і мішеней, системою вентиляції передбачено з пульта оператора №1 в службовому приміщенні, де контроль роботи тиру виконується за допомогою системи відеоспостереження та надходять сигнали систем сигналізації.

Стрілецький тир, що проектується передбачається багатофункціональним, легко переобладнується під різні вимоги та завдання, як по вогневих рубежах, напрямках стрільби, так і по мішеневих обстановках з перспективою переходу на інтерактивну роботу тирів.

Стіни та стеля в межах від стіни до лінії вогню ретельно ізолюється шумопоглинаючим покриттям аналог панелі Heradesign Fine розмірами 1200x600x35мм, ширина волокна 2 мм та кромкою АК-01.

Тир також призначено для виконання навчальних та тренувальних стрільб з бойової особистої та групової зброї підрозділами збройних сил з виконанням вправ за «Курсом стрільб зі стрілецької зброї, бойових машин, катерів Морської охорони в Державній прикордонній службі України», а також спеціальних і спортивних стрільб.

За необхідністю організації пункту боєпостачання у кутку з тилу вогневого рубежу передбачено місце роздавача боєприпасів, яке обладнано розкладним навісним письмовим столом та стільцем.

Для проходу особового складу з вогневого рубежу до вогневої зони майже на всю ширину галереї передбачено облаштування сходів, за винятком пандуса для вантажних операцій завширшки 1,5м і ухилом 1:6.

На вогневому рубежі передбачається встановлення моніторів відеоспостереження за влученням у мішені при стрільбі на 50м.

Мішеневе обладнання тирів на етапі введення в експлуатацію передбачається класичного типу з фанери, дерева та паперу з перспективою до переходу на електромеханічні з радіокеруванням типи мішеней.

Для захисту фронтальної (замикаючої) стіни тирів від головного кулевого навантаження, в замішеному просторі передбачається встановлення кулеприймального пристрою - кулеуловлювача.

Бронезахист кулеуловлювача розраховано на дію куль калібру 7.62 мм бойової зброї і відноситься до 5 класу захисту. Конструктивно кулеуловлювач складається з металевої рами і похилих з'ємних бронеплит товщиною 10 мм, що «вловлюють» кулі по всій ширині та висоті фронтальної стіни вогневої

зони тиру. Кулеуловлювач має конструктивну можливість для періодичного чищення і збирання куль та їх фрагментів. Орієнтовну схему улаштування кулеуловлювача наведено на технологічному плануванні (арк. 3, див. Вузол 1).

Зверху до рами перед кулеуловлювачом кріпиться гумовий пробивний екран, що забезпечує візуально рівномірний фон за мішенями та частково затримує виділення пилу й газів при деформуванні куль в простір вогневої зони.

Для натягування та зручного відкриття екрану при періодичному чищенні кулеуловлювача внизу екрану монтуються пристрої натягування.

Перед екраном передбачається встановлення броньованих стельових, підлогових та бокових кулевідбивачів, які направляють кулі що відхилилися від потрібного напрямку до фронтального кулеуловлювача.

Мішені розташовують на спеціальних стійках на лінії мішеней попереду фронтального кулеуловлювача, або у вогневій зоні на пересувних кулеуловлювачах в залежності від вправ.

Запас заготівель для мішеней зберігається в коморі допоміжного блоку, готові мішені – у виділеній зоні зберігання впродовж бічних стін вогневої зони тиру, де мінімальна ймовірність влучання куль.

Згідно технічного завдання для проведення тактико-вогневих вправ військовослужбовцями в складі підрозділів (груп) зі стрільбою на 180° із штатної зброї по різних мішенях з переміщенням до вогневої зони тиру передбачений заїзд автомобіля-мікроавтобуса типу Volkswagen Transporter Kombi T5. Для цього тир облаштовано кулестійкими воротами розміром 3200x2500(h), пандусом для заїзду/виїзду, та зоною підлоги для переміщення автомобіля з посиленням антирикошетним гумовим покриттям. Час роботи автомобілю в тирі до 10 хвилин.

Тир облаштовано захищеним освітленням, опаленням та вентиляцією, відеоспостереженням, гучномовним селек торним зв'язок, сигналізацією про положення воріт і дверей у вогневій зоні. По обох бічних стінах тиру, на дистанціях 15, 25, 40 м для підключення підлогоминої машини по низу

галереї на $h=300$ мм передбачені розетки 220В, 16А, IP44 із бронезахистом від куль та антирикошетним покриттям.

Керування освітленням тир, рубежів і мішеней, системою вентиляції передбачено з пульта оператора №2 в службовому приміщенні, де також виконується контроль роботи тир за допомогою системи відеоспостереження і надходять сигнали систем сигналізації.

Стрілецький тир, що проектується передбачається багатофункціональним, легко переобладнаним під різні вимоги та завдання, як по вогневих рубежах, напрямках стрільби, так і по мішеневих обстановках з перспективою переходу на інтерактивну роботу тир.

Стіни та стеля в межах від стіни до лінії вогню ретельно ізолюється шумопоглинаючим покриттям аналог панелі Heradesign Fine розмірами $1200 \times 600 \times 35$ мм, ширина волокна 2 мм та кромкою АК-01.

Закритий тир з вогневою зоною 35×35 м призначений для відпрацювання прийомів і дій при проведенні спеціальних операцій зі стрільбою з автоматичної стрілецької зброї (пістолетів калібром до 9мм або автоматів калібром 5.45 або 5.56мм), в обмеженому просторі «спина до спини» (вогонь на 360 градусів) з імітацією внутрішніх умов різноманітних будівель.

Броньовий захист тир передбачається по 3 класу.

Тир має умови для максимально ефективного відпрацювання практичних навичок і вправ зі штурму, захопленню, звільненню, «зачистки» і т.д. приміщень і будівель особовим складом із застосуванням бойової вогнепальної зброї.

Головною особливістю споруди даного типу є продумана система лабіринтів, переходів, тупиків або спільних зон, що ускладнюють індивідуальне інтуїтивне розпізнавання та передбачення у бійців, що тренуються, й допомагають напрацювати вміння орієнтуватися в змінних умовах, відкривати вогонь на ураження усвідомлено та у короткий термін.

Для створення таких умов передбачаються спеціальні пересувні кулестійкі кулепоглинаючі перегородки, що забезпечують мінімізацію ризиків

травмування особового складу від рикошетів фронтального або кутового попадання куль різного калібру в стіни або підлогу.

Конструкція та розміри пересувних перегородок наведені на кресленні. Клас броньованого захисту перегородок потрібно уточнити комісійним випробуванням практичною стрільбою з відстані 5-10м зі зброї максимальної потужності, що буде тут застосовуватися.

Перегородки переміщуються і встановлюються за допомогою гідравлічних візків в/п 2т з транспортуванням по чистій підлозі. Після повного встановлення імітацій на відкриті поверхні підлоги в «приміщеннях», де ведеться вогонь, ретельно укладаються антирикошетні гумові плити 500х500х40 мм.

Призначений для розміщення адміністративно-службових, складських, технічних та санітарно-побутових приміщень, що забезпечують роботу комплексу стрілецьких тирів і необхідні умови праці постійного персоналу комплексу.

Допоміжний блок пов'язує всі тир в єдиний стрілецький комплекс і має до кожного тиру окремий прохід, схему блокування комплексу. У складі допоміжного блоку передбачено:

- приміщення чергового;
- хол очікування;
- службове приміщення;
- приміщення для приймання їжі;
- приміщення серверної ;
- блок приміщень для зберігання зброї, боєприпасів та їх видачі;
- приміщення чищення зброї;
- комора (прибирального інвентарю);
- електрощитова;
- санітарно-побутові приміщення.

В підвалі передбачаються електрощитова, вузли вводу інженерних мереж та інші технічні приміщення (в тому числі для зберігання заготівель для мішеней).

В приміщенні чергового передбачені вікна назовні та до вхідного тамбуру для візуального спостереження і контролю за входом до комплексу стрілецьких тирів. Робоче місце чергового обладнано письмовим столом та стільцем, розеткою для IP-телефону.

В холі очікування передбачено встановлення металевих шаф для спецодягу на випадок необхідності для підрозділів зняти верхній одяг або екіпірування, що заважає виконанню стрілецьких вправ. Службове приміщення призначено для розміщення наступних робочих місць:

- начальника комплексу;
- старшого керівника стрільби;
- двох операторів тирів.

Робочі місця обладнані моніторами, персональними комп'ютерами, пультами управління відеоспостереженням, освітленням і вентиляцією на рубежах, гучномовним селекторним зв'язок, розетками для IP-телефонів.

Приміщення для приймання їжі розраховано на одночасне перебування в ньому до 10 чоловік. В приміщенні передбачено обладнання для підігріву готової їжі, кип'ятінню води та зберігання продуктів, що швидко псуються, а також мийки посуду та обідні столи зі стільцями.

Блок приміщень для зберігання зброї, боєприпасів та їх видачі призначено для зберігання групової бойової і спортивної стрілецької зброї, що використовується в тирах. Облаштування приміщень для зберігання зброї і боєприпасів передбачається з виконанням вимог «Інструкції про організацію обліку, зберігання і видачі стрілецької зброї та боєприпасів у Збройних Силах України».

Зберігання зброї передбачено в металевих шафах (пірамідах). Об'єми зберігання орієнтовно прийнято:

групової зброї:

- гвинтівки 5.45 мм - 20 од.;
- автомати 7.62 мм - 20 од.;
- автомати 5.45 мм - 20 од.;
- пістолети 9 мм - 20 од.;

спортивної зброї:

- гвинтівки 5,6 мм - 20 од.;
- пістолети 5,6 м - 20 од.

Кількість металевих шаф – 6 шт.

Приміщення для зберігання боєприпасів призначено для зберігання набоїв до стрілецької зброї, що використовуються в тирах. Зберігання – в штатних металевих коробках по ящиках на стелажах. Приміщення має окремі вхідні металеві двері, що запираються на замок. Об'єм зберігання набоїв орієнтовно прийнято для забезпечення роботи комплексу на протязі тижня:

до бойової зброї:

- 7.62 мм - 20000 шт.;
- 5.45 мм - 40000 шт.;
- 9 мм - 10000 шт.;

до спортивної зброї:

- 5,6 мм - 20000 шт..

Приміщення видачі зброї і набоїв обладнано письмовим столом і стільцем для комірника, двома столами для огляду і оформлення при передачі зброї і набоїв особовому складу і роздавачам боєприпасів. Приміщення чищення зброї обладнано верстаками для чищення, повітряним компресором для продувки зброї стиснутим повітрям, баком для збирання відходів, шафою для зберігання витратних матеріалів. Комора площею 9м² призначена для зберігання прибирального інвентарю, засобів, електричних підлогомиїних машин для тирів на 100 і 50 м, та промисловим пилососом для тиру 35х35м. Обладнана металевими стелажами та раковиною з роздатковим краном води.

Санітарно-побутові приміщення (за винятком туалету) розраховані для обслуговування постійного персоналу комплексу, що працює позмінно з максимальною кількістю в зміну - 12 чоловік.

Санітарно-побутове обслуговування особового складу підрозділів, що проходять вогневу підготовку передбачається в існуючих спорудах військової частини.

Розділ «Опалення та вентиляція» розроблений на основі завдання на проектування, архітектурно - планувального завдання та відповідно діючих норм, правил та технічних умов.

Розрахунки систем опалення та вентиляції та кондиціонування проведені за:

| | |
|-------------------|--|
| ДБН В.2.5-67:2013 | "Опалення, вентиляція та кондиціонування" |
| ДСТУ-Н Б.В.1.1-27 | "Будівельна кліматологія" |
| ДБН В.1.1-7-2016 | "Пожежна безпека об'єктів будівництва" |
| ДБН В.1.2-10:2008 | "Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму" |
| ДБН В.1.2-11:2008 | "Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії" |
| ДСТУ Б EN 15251 | "Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики" |

3.2. Архітектурно-будівельні рішення

3.2.1. Стрілецький тир з дистанцією вогню 100м

Тир передбачається закритого типу з бронезахистом по 5 класу, із забезпеченням ведення фронтального вогню з вогневого рубежу на максимальну відстань 100 м з довгоствольної зброї калібру 7.62 і 5.45 мм і вогню з ходу та з інших рубежів у вогневій галереї з короткоствольної зброї калібру 5.45 або 5.56 мм.

Ширина стрілецької галереї в вісях – 24 м, висота – 4050 мм (між зовнішніми поверхнями антирикошетних покриттів стелі і підлоги).

Для зменшення ймовірності рикошетів при виконанні навчальних вправ поверхню вогневого рубежу піднято на 750 мм від підлоги вогневої галереї.

На вогневому рубежі передбачено 12 стрілецьких місць для ведення класичного вогню зі стрілецької зброї та з обох боків рубежу по 1 місцю для верстатної стрільби зі столу (бенчрест). Розмір стандартних стрілецьких місць прийнято 1600x2500, для бенчрест-стрільби – 1850x2500.

Лінія вогню наноситься на відстані 500 мм від переднього краю стрілецьких місць.

Смуга завширшки 1400мм з тилу стрілецьких місць призначена для знаходження інструктора (керівника стрільби в тирі).

3.2.2. Стрілецький тир з дистанцією вогню 50м

Тир - закритого типу, із забезпеченням ведення фронтального вогню з вогневого рубежу на максимальну відстань 50 м з довгоствольної зброї калібру 7.62 і 5.45 мм і вогню з ходу та з інших рубежів у вогневій галереї з короткоствольної зброї калібру 5.45 або 5.56мм.

Ширина стрілецької галереї в вісях – 24 м, висота – 3900 мм (між антирикошетними покриттями стелі і підлоги), див. арк.3.

Для зменшення рикошетів при виконанні навчальних вправ поверхню вогневого рубежу піднято на 600 мм від підлоги вогневої галереї.

На вогневому рубежі передбачено 14 стрілецьких місць для ведення вогню зі стрілецької зброї. Розмір стрілецьких місць прийнято 1600x2500. Лінія вогню наноситься на відстані 500 мм від переднього краю стрілецьких місць.

Смуга завширшки 3000мм з тилу стрілецьких місць призначена для знаходження інструктора (керівника стрільб в тирі).

Перед смугою для інструктора передбачена смуга 1000мм вихідного рубежу для шиккування особового складу для доведення завдання на вправу і

перевірки готовності зброї і стрільців до виконання вправи, та початку руху на рубіж відкриття вогню.

3.2.3. Стрілецький тир 35х35 м

Закритий тир з вогневою зоною 35х35м призначений для відпрацювання прийомів і дій при проведенні спеціальних операцій зі стрільбою з автоматичної стрілецької зброї (пістолетів калібром до 9мм або автоматів калібром 5.45 або 5.56мм), в обмеженому просторі «спина до спини» (вогнь на 360 градусів) з імітацією внутрішніх умов різноманітних будівель.

Броньовий захист тиру передбачається по 3 класу.

Тир має умови для максимально ефективного відпрацювання практичних навичок і вправ зі штурму, захопленню, звільненню, «зачистки» і т.д. приміщень і будівель особовим складом із застосуванням бойової вогнепальної зброї.

Головною особливістю споруди даного типу є продумана система лабіринтів, переходів, тупиків або спільних зон, що ускладнюють індивідуальне інтуїтивне розпізнавання та передбачення у бійців, що тренуються, й допомагають напрацювати вміння орієнтуватися в змінних умовах, відкривати вогнь на ураження усвідомлено та у короткий термін.

Для створення таких умов передбачаються спеціальні пересувні кулестійкі кулепоглинаючі перегородки, що забезпечують мінімізацію ризиків травмування особового складу від рикошетів фронтального або кутового попадання куль різного калібру в стіни або підлогу.

Конструкція та розміри пересувних перегородок наведені на кресленні.

Перегородки переміщуються і встановлюються за допомогою гідравлічних візків в/п 2т з транспортуванням по чистій підлозі. Після повного встановлення імітацій на відкриті поверхні підлоги в «приміщеннях», де ведеться вогнь, ретельно укладаються антирикошетні гумові плити 500х500х40 мм.

3.2.4. Допоміжний блок

Призначений для розміщення адміністративно-службових, складських, технічних та санітарно-побутових приміщень, що забезпечують роботу комплексу стрілецьких тирів і необхідні умови праці постійного персоналу комплексу.

Допоміжний блок пов'язує всі тирини в єдиний стрілецький комплекс і має до кожного тирини окремий прохід. У складі допоміжного блоку передбачено:

- приміщення чергового;
- хол очікування;
- службове приміщення;
- приміщення для приймання їжі;
- приміщення серверної ;
- блок приміщень для зберігання зброї, боєприпасів та їх видачі;
- приміщення чищення зброї;
- комора (прибирального інвентарю);
- електрощитова;
- санітарно-побутові приміщення.

В підвалі передбачаються електрощитова, вузли вводу інженерних мереж та інші технічні приміщення (в тому числі для зберігання заготівель для мішеней).

В приміщенні чергового передбачені вікна назовні та до вхідного тамбуру для візуального спостереження і контролю за входом до комплексу стрілецьких тирів. Робоче місце чергового обладнано письмовим столом та стільцем, розеткою для IP-телефону.

В холі очікування передбачено встановлення металевих шаф для спецодягу на випадок необхідності для підрозділів зняти верхній одяг або екіпірування, що заважає виконанню стрілецьких вправ. Службове приміщення призначено для розміщення наступних робочих місць:

- начальника комплексу;

- старшого керівника стрільб;
- двох операторів тирів.

Робочі місця обладнані моніторами, персональними комп'ютерами, пультами управління відеоспостереженням, освітленням і вентиляцією на рубежах, гучномовним селекторним зв'язок, розетками для IP-телефонів.

Приміщення для приймання їжі розраховано на одночасне перебування в ньому до 10 чоловік. В приміщенні передбачено обладнання для підігріву готової їжі, кип'ятінню води та зберігання продуктів, що швидко псуються, а також мийки посуду та обідні столи зі стільцями.

Блок приміщень для зберігання зброї, боєприпасів та їх видачі призначено для зберігання групової бойової і спортивної стрілецької зброї, що використовується в тирах. Облаштування приміщень для зберігання зброї і боєприпасів передбачається з виконанням вимог «Інструкції про організацію обліку, зберігання і видачі стрілецької зброї та боєприпасів у Збройних Силах України». Кількість металевих шаф – 6 шт.

Приміщення для зберігання боєприпасів призначено для зберігання набоїв до стрілецької зброї, що використовуються в тирах. Зберігання – в штатних металевих коробках по ящиках на стелажах. Приміщення має окремі вхідні металеві двері, що запираються на замок. Об'єм зберігання набоїв орієнтовно прийнято для забезпечення роботи комплексу на протязі тижня:

Приміщення видачі зброї і набоїв обладнано письмовим столом і стільцем для комірника, двома столами для огляду і оформлення при передачі зброї і набоїв особовому складу і роздавачам боєприпасів. Приміщення чищення зброї обладнано верстаками для чищення, повітряним компресором для продувки зброї стиснутим повітрям, баком для збирання відходів, шафою для зберігання витратних матеріалів. Комора площею 9м² призначена для зберігання прибирального інвентарю, засобів, електричних підлогомих машин для тирів на 100 і 50 м, та промисловим пилососом для тирів 35х35м. Обладнана металевими стелажами та раковиною з роздатковим краном води.

Санітарно-побутові приміщення (за винятком туалету) розраховані для обслуговування постійного персоналу комплексу, що працює позмінно з максимальною кількістю в зміну - 12 чоловік.

Санітарно-побутове обслуговування особового складу підрозділів, що проходять вогневу підготовку передбачається в існуючих спорудах військової частини.

3.3.Опалення

3.3.1. Кліматичні параметри

Клімат Києва, включаючи лівобережну частину, можна віднести до помірно континентального типу. Це характеризується вираженими сезонами: холодною зимою, теплим літом, а також перехідними сезонами — весною і восени. Таким чином, в Києві спостерігаються досить великі добові та сезонні коливання температур.

На лівобережжі Києва середньорічна температура коливається в межах 7–8 °С. Літо (червень-серпень) тут тепле, з середніми температурами близько 20–25 °С, а в деякі дні можуть з'являтися хвилі спеки, коли температура перевищує 30 °С. Зимові місяці (грудень-лютий) холодні, з середніми температурами від -3 до -6 °С, але в сильні морози температура може опускатися ще нижче.

Кількість опадів в Києві розподіляється нерівномірно протягом року, з переважно дощовими місяцями, які припадають на літній період. Середньорічна кількість опадів становить приблизно 600–700 мм, причому більша частина опадів випадає в літній сезон, особливо в червні й липні. Взимку опади, як правило, проявляються у вигляді снігу, але через часті коливання температури сніговий покрив може бути нестабільним.

Вологість повітря в Києві, зокрема на лівобережжі, коливається на рівні 60–80% протягом року, з максимальними показниками у літні місяці. Це викликано підвищеними температурами й частими дощами. Висока вологість може призводити до відчуття спеки, особливо в періоди літньої аномальної погоди.

Вітер на лівобережжі Києва переважно помірний, його середня швидкість коливається в межах 3–6 м/с. Найбільш вітряні місяці — весна та осінь. Літні місяці зазвичай характеризуються меншою швидкістю вітру, що сприяє накопиченню тепла у повітрі. Атмосферний тиск у Києві варіюється залежно від погодних умов, з середніми показниками близько 750–760 мм рт. ст. Часті зміни в атмосферному тиску супроводжуються змінами погоди. Наприклад, різке падіння тиску може свідчити про наближення циклону, що часто супроводжується дощами.

Лівобережжя Києва характеризується помірно континентальним кліматом, що впливає на щоденне життя та епідеміологічні умови в регіоні. Знання цих кліматичних параметрів є важливими для планування як інфраструктурних проєктів, так і повсякденних активностей мешканців. Природні умови впливають на енергетичну ефективність будівель, потреби в опаленні та охолодженні, а також на формування зелених зон і розвитку сільського господарства.

Параметри зовнішнього повітря

Розрахункові кліматологічні параметри для м.Київ:

Географічна широта, - 51 п.ш;

Барометричний тиск, - 990 гПа;

Розрахункові параметри зовнішнього повітря:

- для теплого періоду року: температура, +32°C;
- для холодного періоду року:

Для систем опалення та вентиляції температура, - мінус 22°C;

питома ентальпія - мінус 28,7 кДж/кг;

Середня температура опалювального періоду -0,1°C;

Тривалість опалювального періоду n=176 діб.

3.3.2. Параметри внутрішнього повітря в приміщеннях

Забезпечення комфортних параметрів внутрішнього повітря в стрілецьких тирах є ключовим для безпеки, здоров'я та задоволення користувачів. Ці

параметри враховують не лише фізичні аспекти, а й психоемоційний стан стрільців. Основними факторами комфортного середовища є:

Оптимальна температура в стрілецькому тирі повинна коливатися в межах 18–22 °С. Завдання підтримки комфортної температури особливо актуальне в умовах активного фізичного навантаження під час стрільби. Занадто висока температура може призвести до дискомфорту, зниження концентрації, а також негативно вплинути на фізичні показники стрільців.

Вологість повітря в тирі має бути підтримувана на рівні 40–60%. Занадто низька вологість може викликати сухість шкіри та слизових оболонок, що знижує комфорт, тоді як надмірна вологість може спричинити появу конденсату, що веде до розвитку плісняви та грибка, а також до подразнення дихальних шляхів.

Якість повітря є одним з найважливіших параметрів. У стрілецьких тирах повинні бути вжиті заходи для зниження концентрацій шкідливих речовин, які можуть включати:

- **Свинець:** Слід забезпечити ефективну вентиляцію для зниження рівнів свинцю, що є наслідком пострілів.
- **Монооксид вуглецю (CO) та оксиди азоту (NOx):** Необхідно контролювати їх вміст, оскільки вони можуть негативно вплинути на здоров'я стрільців.
- **Аерозолі та дрібнодисперсні частки:** Використання ефективних фільтрів і очищувачів повітря для зниження концентрацій аерозолів, які також можуть бути продуктом горіння пороху.

Комфортний рівень звукових відчуттів у стрілецьких тирах не повинен перевищувати 85 дБ. Важливо використовувати звукоізоляційні матеріали та обладнання, щоб зменшити рівень шуму, оскільки надмірний шум може викликати дискомфорт та навіть погіршити слух.

Рекомендується мінімальна кратність повітрообміну у 6–10 разів на годину залежно від активності та кількості стрільців у тирі. Це допоможе контролювати концентрацію шкідливих речовин, підтримуючи в приміщенні

свіжість повітря. Використання системи місцевої витяжки повітря може також допомогти у видаленні забрудненого повітря з певних зон.

Хоча це не відноситься безпосередньо до повітря, освітлення має величезне значення для комфорту стрільців. Яскравість та якість освітлення повинні бути адаптовані до різних умов стрільби, при цьому слід уникати відблисків, які можуть знижувати точність прицілювання.

Комфортні параметри внутрішнього повітря у стрілецьких тирях повинні бути визначені і підтримуватися на оптимальних рівнях для забезпечення безпеки і продуктивності стрільців. Це вимагатиме регулярного моніторингу та обслуговування вентиляційних систем, а також адаптації технологій для забезпечення відповідності до нормативів. З наявністю комфортних умов стрільці можуть домогтися кращих результатів і уникнути негативного впливу на їхнє здоров'я.

Зведена таблиця параметрів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

| №№ п/п | Назва груп приміщень | Робоча температура (зимовий період), °С | Робоча температура (літній період), °С | Примітки |
|-----------|----------------------|---|--|----------|
| | Тир | +18 | +25 | |
| | Допоміжний блок | +20 | - | |
| | Технічне приміщення, | +10 | - | |
| | Санвузли | +20 | - | |
| | Серверна | +18 | +24 | |

3.3.3. Приєднання до джерел тепlopостачання

Джерело тепlopостачання – водяна теплова мережа, з теплоносієм 80-60°С. Системи теплоспоживання водяні, приєднується через ІТП, що розміщений в підвальному поверсі. Теплоносій для систем радіаторного

опалення вода з параметрами 80-60°C, теплопостачання калориферів припливних вентустановок має параметри 80-60°C.

Система опалення приміщень тирів повітряна, суміщена з вентиляцією, за допомогою вентустановок ПВ1-ПВ3 з водяним підігрівом та охолодженням припливного повітря.

Система опалення допоміжного блоку - водяна, двотрубна тупикова, опалювальні прилади - панельні радіатори торгової марки «Ромстал» з нижнім підключенням та терморегулятором. Клапани на опалювальних приладах попередньо налагоджуються на відповідний діапазон.

В системі опалення сталеві водогазопровідні труби за ДСТУ 8936:2019 та пластикові трубопроводи Rehau (прокласти у складі підлоги в ізоляції). Горизонтальні гілки систем опалення прокладені в складі будівельних конструкціях (без розбірних з'єднань) із полімерних труб, як правило, вздовж стін в плінтусі для зручності ремонту. Розрахунковий строк служби полімерних труб 50 років

Сталеві трубопроводи ізолювати виробами типу "Tubex". Перед ізолюванням труби покрити антикорозійним шаром.

Для випуску повітря в системі опалення встановлюються повітроспускні клапани у верхній точці системи, а також повітроспускні крани на радіаторах. Спуск води з системи опалення здійснюється в тепловому пункті.

Після закінчення монтажу систем опалення виконати пуск, випробування, регулювання та наладку систем на проектну потужність. При відхиленнях від проекту необхідно рішення погодити з автором проекту. Гідравлічне балансування системи опалення здійснювати методом попередньої наладки клапанів.

Запуск в експлуатацію обладнання виконати після затвердіння бетону (21-28 днів). При виконанні робіт по опаленню повинні бути складені акти на приховані роботи.

Проектом передбачена теплова ізоляція трубопроводів та арматури, що забезпечує температуру на поверхні ізольованого трубопроводу не вище 40 град.

Система теплопостачання калориферів припливних вентустановок від ІТП. Система внутрішнього теплопостачання спроектована зі змінним гідравлічним режимом, регулювання витрати теплоносія здійснюється за допомогою триходового клапану, що встановленні у вузлах обв'язки калориферів вентустановок.

Спуск теплоносія системи теплопостачання передбачається в ІТП. Магістральні мережі теплопостачання виконані з водогазопровідних труб за ДСТУ 8936:2019 та сталевих електрозварних по ДСТУ 8943:2019 в тепловій ізоляції.

Сталеві трубопроводи ізолювати виробами типу "Tubex" та захистити при прокладанні на відкритому повітрі ожужкою. Перед ізолюванням труби покрити антикорозійним шаром.

3.4. Вентиляція

3.4.1. Вибір системи вентиляції

В приміщення спорткомплексу передбачається влаштування механічної припливно-витяжної вентиляції. Продуктивність систем визначено, виходячи з технічного завдання на проектування та технологічного завдання. Припливно-витяжні установки тирів розміщуються на даху. Припливне повітря готується в установках, які мають секції фільтрації, рекуперації, підігрів, охолодження та секції вентиляторів.

Установки ПВ1-ПВ3 зовнішнього виконання з водяним підігрівом та охолодженням від компресорно-конденсаторних блоків К1-К3. Забезпечено регулювання температури внутрішнього повітря за допомогою датчика температури витяжного повітря та вивести сигнал засміченості фільтрів на

пульт керування. Застосувати наступні режими вентиляції в тирах (див. розділ АК):

I режим: рекуперація (основний рубіж);

II режим: рекуперація (середня зона);

III режим: чергове опалення, 100% рециркуляція повітря.

Для аеродинамічного вирівнювання системи на відгалудженні за допомогою дросель-клапанів та повітророзподільними пристроями – однорядними регулюючими решітками, індивідуально змінюючи кут нахилу рухомих пластин.

З'єднання прямокутних повітроводів виконувати на фланцях, а круглі через ніпель або разтруб. При фланцевому з'єднанні між фланцями необхідно передбачити ущільнювач шинорейки.

Повітроводи сталеві оцинковані за ДСТУ 8971:2019 класом щільності "В", електрозварні труби за ДСТУ 8943:2019 в землі покриті антикорозійним шаром. В приміщеннях тирів вентиляційні отвори захистити броньєю 10мм (з антірикошетним покриттям). Габарит броні має бути більше на 10см від розміру отвору.

Приміщення ІТП та електрощитової з незалежними витяжними системами. Приплив - неорганізований, природній.

Вентиляція із санвузлів та душових забезпечується механічною системою витяжної вентиляції, в дверях санвузлів передбачені переточні вентиляційні решітки.

В місцях перетинання протипожежних перешкод проектом передбачено встановлення вогнезатримуючих клапанів з вогнетривкістю EI 60 в межах протипожежного відсіку, які мають автоматичне, дистанційне та ручне керування.

Для запобігання непродуктивних втрат тепла і холоду, а також для запобігання утворення конденсату повітроводи припливних ізолюються тепловою ізоляцією типу «K-Flex».

Викид повітря від систем витяжної вентиляції, розташованих на покрівлі, виконано на висоті не менше ніж в 1.5 рази більше від максимально можливої висоти снігового покриву, тобто не менше ніж на 1.2 м від покрівлі.

3.4.2. Розрахунок і підбір припливно-витяжного обладнання

Для забезпечення безпечних і змістовних умов у стрілецьких тирях особливу увагу необхідно приділити проектуванню й підбору вентиляційного обладнання. Це важливо для контролю рівня забруднення повітря, забезпечення комфортного мікроклімату та запобігання накопиченню небезпечних речовин, які виникають під час стрільби.

Підбір вентиляційного обладнання для стрілецьких тирів є критично важливим етапом у забезпеченні безпеки та комфорту для користувачів. Обрані припливно-витяжні установки і вентилятори забезпечать необхідні параметри повітрообміну та видалення шкідливих речовин, сприяючи створенню здорового мікроклімату.

Обладнання підібране виходячи з витрат повітря, розрахованих на розбавлення до ГДК шкідливих компонентів пострілу. Обладнання наведене в Додатку 1.

1. Система ПВ1 представлена установкою **GreenSTR-25** з витратою повітря **19000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - безблочна. Параметри: тиск - **1000 Па**, температура - до **60°C**.
2. Система ПВ2 представлена установкою **RAL-S-24N90** з витратою повітря **12000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - підвищена енергоефективність. Параметри: тиск - **800 Па**, температура - до **55°C**.
3. Система ПВ3 представлена установкою **RAL-S-18M** з витратою повітря **15000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - компактна конструкція. Параметри: тиск - **900 Па**, температура - до **50°C**.

4. Система **ПВ4** представлена установкою **RY V25** з витратою повітря **16000 м³/год**, типом приводу - дизельний, особливістю - автономність. Параметри: тиск - **850 Па**, температура - до **45°C**.
5. Система **ПВ5** представлена установкою **CS-1STF-32G** з витратою повітря **18000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - шумопоглинання. Параметри: тиск - **950 Па**, температура - до **70°C**.
6. Система **В1** представлена установкою з витратою повітря **5000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - модульна конструкція. Параметри: тиск - **600 Па**, температура - до **40°C**.
7. Система **В2** представлена установкою **RY VSL** з витратою повітря **7000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - мобільність. Параметри: тиск - **700 Па**, температура - до **35°C**.
8. Система **К1** представлена установкою **hk-LS-19** з витратою повітря **8000 м³/год**, типом приводу - електричний, особливістю - висока енергоефективність. Параметри: тиск - **750 Па**, температура - до **50°C**.
9. Система **К2** представлена установкою **CS-1STF-72-NG** з витратою повітря **9000 м³/год**, типом приводу - дизельний, особливістю - для зовнішнього використання. Параметри: тиск - **870 Па**, температура - до **60°C**.

3.4.3. Наукове обґрунтування до підбору вентиляційних рішень

У сучасному світі питання якості повітря в закритих приміщеннях, особливо в стрілецьких тирів, стало надзвичайно актуальним. Одним із ключових аспектів, які визначають комфорт та безпеку у таких закладах, є ефективність системи вентиляції. Забезпечення необхідного повітрообміну має критичне значення для зниження рівнів шкідливих речовин, що вивільняються під час стрільби. Дослідження показують, що оптимальні умови повітря забезпечують не лише фізичний комфорт, а й позитивно впливають на психічне здоров'я

відвідувачів [16]. Для більш ґрунтового наукового огляду пропнуються наступні аспекти, які потребують узагальнюючого висвітлення.

Основи системи вентиляції

Проектування вентиляційних систем повинно ґрунтуватися на аналізі забруднювальних речовин і їх потенційного впливу на здоров'я. Сюди входять не лише забруднюючі аерозолі, такі як свинець, але й газоподібні компоненти, такі як монооксид вуглецю (CO) і оксиди азоту (NOx) [17]. Гранично допустимі концентрації для цих забруднювачів чітко регламентуються санітарними нормами, і їх розрахунок є невід'ємною частиною проектування вентиляційної системи [18].

Розрахунок повітрообміну

Під час розробки проекту вентиляційної системи слід враховувати кількість стрільб, площу тирів, а також об'єм повітря, що підлягає обробці. Згідно з дослідженнями, мінімальна кратність повітрообміну в стрілецьких тирах має становити не менше 6-10 разів на годину для забезпечення безпеки та зниження рівня забруднень до безпечних меж [19]. Для оптимізації витрат енергії та покращення якості повітря використовують систему автоматичного регулювання потоку повітря в залежності від реальної ситуації в приміщенні.

Вибір типу системи вентиляції

Тип вентиляційної системи може суттєво впливати на ефективність очищення повітря. Зокрема, місцева витяжка повітря в зоні пострілу може зменшити рівень забруднень на 30-50% в порівнянні із загальнообмінною вентиляцією [20]. Дослідження показують, що комбінування різних типів вентиляційних систем, таких як місцева витяжка разом із загальнообмінною, приносить найкращі результати [21].

Використання ефективних фільтрів

Важливе значення має також використання ефективних фільтраційних систем. Фільтри HEPA, здатні затримувати до 99,97% часток розміром 0,3 мкм, широко використовуються в сучасних системах вентиляції для стрілецьких тирів [22]. Дослідження демонструють, що впровадження високоефективних

фільтрів здатне суттєво покращити якість повітря, знижуючи ризик хронічних захворювань у відвідувачів [23].

Моніторинг якості повітря

Автоматизовані системи моніторингу, що контролюють якість повітря в реальному часі, дозволяють оперативно реагувати на зміни в концентрації забруднень [24]. Використання сучасних технологій, таких як IoT (інтернет речей), забезпечує інтеграцію датчиків для вимірювання рівнів CO, свинцю та інших токсичних речовин. Це дозволяє адаптувати системи вентиляції під конкретні умови експлуатації, забезпечуючи вчасне видалення забрудненого повітря та регулювання подачі свіжого.

Психологічні та фізіологічні аспекти

Не лише питання фізичних забруднень стоять на порядку денному. Вплив вентиляції на психологічний стан відвідувачів також не може бути ігнорований. Створення комфортних умов, у тому числі забезпечення свіжого повітря та нормального температурного режиму, суттєво впливає на концентрацію, продуктивність і загальне самопочуття стрільців. Дослідження свідчать, що добре організована вентиляція знижує рівень стресу та покращує активацію нервової системи, що, в свою чергу, позитивно позначається на спортивних результатах [25].

Взаємозв'язок вентиляції та продуктивності

Дослідження, проведені у спортивних закладах, показали, що при поєднанні оптимальної температури та рівня вологості повітря стрілки продемонстрували значно вищі результати в змаганнях в порівнянні із некомфортними умовами [26]. Якість повітря, яким дихають стрільці, безпосередньо впливає на їхню здатність зосереджуватися та виконувати вправи з високою точністю. Таким чином, ефективні системи вентиляції не тільки забезпечують безпеку, але й стають важливим інструментом для покращення результатів.

Технологія та інновації у вентиляційних системах

Сучасні технологічні досягнення дозволяють впроваджувати нові рішення у проектування вентиляційних систем. Наприклад, інтеграція системи рекуперації тепла дозволяє знижувати енергетичні витрати на опалення та охолодження приміщення, що особливо важливо для тирів, що використовуються протягом року [27]. Використання таких технологій не лише економить витрати, але й забезпечує контроль за мікрокліматом, відповідно до потреб користувачів.

Виклики та проблеми в реалізації

Хоча інноваційні рішення надають нові можливості, можуть виникати й численні виклики під час їх реалізації. Серед ключових проблем — необхідність фінансування, специфіка будівельних норм, а також технічна складність інтеграції нових систем у вже існуючі приміщення. За словами передових експертів у цій галузі, важливо проводити всебічний аналіз всіх можливих варіантів інвестування у більш ефективні системи [28].

Якості повітря та їх моніторинг

Якість повітря — це не самоціль, а важливий показник для оцінки ефективності вентиляційних рішень. Регулярний моніторинг параметрів повітря, таких як температура, вологість, вміст CO₂ та інших шкідливих домішок, дозволяє оперативно виявляти проблеми та вживати необхідних заходів [29]. Це особливо важливо у стрілецьких тирях, де умови можуть швидко змінюватися в залежності від інтенсивності використання.

Використання міжнародного досвіду

З досвіду ліцензованих стрілецьких тирів за кордоном можна черпати багато цінних знань для покращення вітчизняних практик. Наприклад, у країнах Європи та США існують чіткі рекомендації щодо проектування вентиляційних систем для тирів, враховуючи сучасні технології та вимоги до екологічної безпеки [30]. Такі міжнародні стандарти можуть стати практичним посібником для українських проектувальників.

Підведення підсумків щодо науково обґрунтованих рішень для вентиляції стрілецьких тирів вимагає комплексного підходу, що враховує технічні, екологічні та психофізіологічні аспекти. Завдяки постійному моніторингу, застосуванню новітніх технологій і аналогам міжнародному досвіду можна досягти покращення якості повітря, що, в свою чергу, сприятиме безпеці та комфорту користувачів. Залучення наукових розробок до практики забезпечить підвищення ефективності роботи системи вентиляції та позитивно вплине на загальний рівень здоров'я населення.

4. Тепло- та холодопостачання

Джерелом тепlopостачання систем опалення та вентиляції стрілецьких тирів є блочно-транспорتابельна твердопаливна водогрійна котельня потужністю 450 кВт на базі водогрійних твердопаливних котлів ALTEP DUO UNI Pellet 200 та 250 з автоматичним завантаженням палива, виробництва фірми «Євроспецпром» (Україна).

Габарити котельні: 3,9x9,0x3,5(h) м. З котельної гарячий теплоносій транспортується до приміщення ІТП , яке розташоване у допоміжному блоці .Теплова мережа запроектована двотрубною, із гнучкої полімерної труби зі зшитого поліетилену РЕ-Ха з киснево-дифузійним бар'єром EVOH поміщена в пінополіуретанову ізоляцію AstroISOL PUR , виробництва фірми ТОВ "Австроізол" (Україна). Трубопроводи мають властивість «самокомпенсації» температурних подовжень.Трубопроводи в межахділянки будівництва прокладаються безканально з урахуванням умов самокомпенсації , вимог щодо наближення до фундаментів споруд та організації охоронних зон. В траншею, поруч із трубами тепломережі прокладається труба водопостачання модульної котельної . Глибина укладання - 1,2м.

Котельня модульна працює в автоматичному режимі з періодичною присутністю обслуговуючого персоналу.

Тепловою схемою котельні забезпечено виробництво мережної води за розрахунковим температурним графіком 80-60С в залежності від температури зовнішнього повітря чи в ручному режимі .

Котельний контур та контур споживачів розділений за допомогою теплообмінника. Мережна вода подається до споживача за допомогою мережевого насоса. Циркуляція теплоносія в контурі «котел-теплообмінник» здійснюється насосами котлів. Компенсація розширення води в тепломережах здійснюється за допомогою автоматичних баків-компенсаторів. Теплова схема котельні оснащена необхідними контрольно-вимірювальними приладами, засобами автоматизації та регулювання. Трубопроводи оснащені пристроями для спуску води та повітря.

Котельня поставляється на будівельний майданчик у транспортабельному бокс-модулі і монтується згідно з Генпланом. Бокс-модуль розміщується на горизонтальному підготовленому будівельному майданчику з приєднанням до зовнішніх мереж (теплотраса, водопровід, каналізація, електроенергія).

Загальне теплове навантаження будівлі - 450,0 кВт:

- опалення - 9кВт;
- вентиляція - 440,0 кВт.

На завершення проводиться перевірка всіх з'єднувальних елементів, випробування і пусканалагоджувальні роботи.

Охолодження припливного повітря в системах припливно-витяжної вентиляції передбачене за допомогою поверхневого фреонового охолоджувача. Джерело холоду – компресорно-конденсаторні зовнішні блоки фірми "Hitachi" з функцією теплового насосу, що розміщені на покрівлі. Компресорно-конденсаторні зовнішні блоки можуть працювати при низьких температурах зовнішнього повітря в холодний період року (до мінус 25°C). Холодоносій–фреон R410. Управління припливно-витяжних установок та компресорно-конденсаторних зовнішні блоки заблоковано. Фреонопроводи - мідні труби в каучуковій негорючій ізоляції. В приміщенні серверної

передбачено спліт-систему охолодження з резервуванням обладнання. Дренаж від внутрішніх блоків серверної підключається з розривом струменя до системи каналізації.

Модульна котельня забезпечує управління, захист і сигналізацію автоматичному режимі.

Технологічний захист забезпечується блоком котельної автоматики.

Автоматичний захист (відключення всіх котлів) спрацьовує при:

- зникненні електроенергії;
- підвищенні або зниженні тиску теплоносія від норми;
- підвищенні температури теплоносія вище норми;
- зупинці циркуляційних насосів;
- спрацюванні пожежної сигналізації;
- несправності в приладах автоматизації і сигналізації.

У якості вихідної води для котельні використовується вода з громадського питного водопроводу, яка подається в котельню із приміщення ІТП. Якість в опалювальній системі повинна відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.26-96.

Для отримання такої води в КМ та для підживлення си використовується система водопідготовки.

Водопідготовка пом'якшує воду методом натрій катіонування при фільтр вихідної води через шар іонообмінної смоли. Регенерація іонообмінної проводиться розчином повареної солі автоматично по заданій витраті.

Використання установки пом'якшення забезпечує загальну жорсткість пом'якшеної води не більше 0,03 (мг-екв)/л, що відповідає нормам.

Каналізація зливу котельні виводиться на відмостку котельні.

Відпрацьовані гази від 2-х котлів відводяться окремими димоходами Ду 4 виготовляються фірмою «Версія Люкс» з нержавіючої сталі, поперіть ізольовані та постачаються як готовий виріб. Димові труби виводять висоту 10м від рівня землі.

Опалення котельного залу здійснюється за рахунок теплових надходжень від обладнання та технологічних трубопроводів. При непрацюючих котлах

передбачене опалення електричними обігрівачами (1 шт. в котельні) потужністю 2 кВт, що автоматично вмикаються в роботу при зниженні температури в приміщенні котельні нижче +12°C.

Вентиляція котельні природна, припливно-витяжна, розрахована на підтримання у приміщенні трикратної зміни повітря за годину з врахуванням повітря, яке потрібне для підтримання горіння палива.

Приток здійснюється через жалюзійну решітку, витяжка – через дефлектор у покритті котельні.

Передбачена примусова вентиляція, що розташована в районі передньої частини котлів, яку вмикають при загрузці палива.

Теплова мережа запроектована двотрубною, із гнучкої полімерної зі зшитого поліетилену РЕ-Ха з киснево-дифузійним бар'єром EVONH поміщ пінополіуретанову ізоляцію AstroISOL PUR, виробництва фірми ООО "КОНСТРУКТОР" (Україна). Трубопроводи мають властивість «самокомпенс температурних подовжень. Діапазон робочих температур труб: -40÷95 параметрах теплоносія - 80-60 °С. Максимальний робочий тиск – 6,6 Термін служби 30 років при 80°C, відповідно до вимог EN 15632.

Трубопроводи в межах ділянки будівництва прокладають безканально з урахуванням умови самокомпенсації, вимог щодо наближення до фундаментів споруд та організації охоронних зон. траншею, поруч із трубами тепломережі прокладається труб водопостачання Котельної. Глибина закладання - 1,2м.

Теплоізовані труби поставляються в вигляді змотаних бухт. Тор ізованіх труб ретельно закриваються для запобігання попаданн всередину вологи та інших забруднень. Під час зберігання слід звертати увагу на захист РЕ-Ха-труб від прямих сонячних променів і не допускати небажаних деформацій змотаних бухт. Також необхідно виключити пошкодження зовнішнього кожуха гострими і ріжучими предметам Ізовані труби забороняється тягнути по будь-яким поверхням.

Для закріплення і будь-яких інших маніпуляцій слід застосовуват ремені або стрічки мінімальною шириною 50 мм.

Використання тросів і ланцюгів категорично заборонено.

При переміщенні змотаних бухт труби навантажувачем з вилкови захватом, з метою запобігання пошкоджень зовнішнього кожуха, сл забезпечити захист вилок підкладками або пластиковими трубами.

Труби укладаються в ґрунт. Гофрований зовнішній кожух забезпечу максимальний захист ізоляції і напірних труб від зовнішніх впливі. Наявність ґрунтових вод не є перешкодою для укладання ізольованих тру. Труби укладаються в траншею з розмотаних бухт. При цьому необхідн стежити за тим, щоб зовнішній кожух не було пробито або пошкоджен. Ізольована труба ні за яких обставин не повинна бути заломлена!

Протягувати трубопровід можна закріпивши за напірну трубу (не допускається тягнути за зовнішній кожух). Розмотування бухт необхідно здійснювати від закінчення труби на зовнішній стороні бухти, при цьому - кріпильні стрічки необхідно видаляти по черзі, одну за одною. При видаленні останньої кріпильної стрічки, слід притримати бухту, щоб тим самим

запобігти можливому небажаному розмотуванню залишку труби в бухті. Неприпустимо перевищення зазначених мінімальних радіусів вигину. Дана вимога обов'язково на всіх етапах виконання монтажних робіт. Для фіксації труби в потрібному положенні через певні проміжки можна присипати її піском. При прокладанні труб великих діаметрів для зміни напрямку труби можуть використовуватися блок або лебідка з ручним приводом. Застосовуючи ці пристрої, до напірної труби має бути застосовано кріплення. Завжди потрібно пам'ятати про необхідність закривати торці труб для запобігання попаданню всередину вологи і бруду. Мінімально допустима температура навколишнього середовища для здійснення укладання труб AustroPUR: - 5°C.

Для траншеї глибиною до 1,2 м рекомендовано виконувати вертикальні стінки, а при більшій глибині необхідно до тримуватися V-подібного профілю траншеї.

Для уникнення небезпечних і небажаних перетинів з уже прокладеними або запланованими до прокладання інженерними комунікаціями, будівлями, розроблено зведений план інженерних мереж, який є частиною генерального плану ділянки будівництва. При виконанні робіт теплотраса повинна бути обов'язково промаркована попереджувальною стрічкою.

Теплоізольовані труби AustroPUR необхідно укласти на піщану «підсіпку» 0,1м (фракція 0-4 мм), виконану на дні траншеї по всій довжині. Шар «підсіпки» служить підтримуючим шаром для теплотраси. Наступний шар «засіпки» виконується товщиною не менше, 0,2 і ущільнюється вручну. Гострі предмети і коріння дерев повинні бути видалені. На відстані 0,2 м від верху труби слід прокласти сигнальну стрічку для попередження. При «засипці» трубопроводів на товщину понад 0,5 м, трамбування можна виконувати машинним способом – вібротрамбуванням.

Перед засипанням траси необхідно провести гідравлічні випробування, відповідно до рекомендацій виробника.

4.1. Автоматизація систем теплохолодопостачання та супітніх систем в розрізі сигналів

Система вентиляції і кондиціонування автоматизована і має наступне автоматичне регулювання:

- сигналізація забруднення фільтрів;
- відключення вентиляційного обладнання по сигналу «Пожежа»;
- встановлення системи автоматизації припливної установки (з регуляторами швидкості);
- встановлення затримки на вимикання витяжних вентиляторів;
- автоматичне блокування відкриття засувки на зовнішньому повітрі з роботою вентиляційних агрегатів припливних систем;

- управління контуром тепло та холодопостачання з можливістю попередньо задати температури повітря в приміщенні;
- перемикання режиму роботи зима/літо;
- сигналізацію про аварію.

4.2. Заходи з енергозбереження

Для більш ефективного використання енергетичних ресурсів проектом передбачені наступні заходи:

- використані зовнішні огорожувальні конструкції, теплотехнічні показники яких відповідають чинним нормативним вимогам;
- проектом прийняті опалювальні прилади з вбудованим терморегулятором. Це дає змогу забезпечити бажану температуру всередині приміщення, використовуючи побутові теплонаходження та враховуючи режим роботи підприємства;
- в системі вентиляції використовується тепло відпрацьованого повітря за допомогою високоефективних рекуператорів (ККД до 85%);
- системи опалення проектується з автоматичними пристроями зниження надходжень теплоти у неробочі години або у час, коли приміщення не використовують;
- робота всіх систем автоматизована.

5. Модель вистигання будівлі спеціалізованого тиру в умовах відключення системи вентиляції суміщеної з повітряним опаленням

Фізична модель охолодження будівлі після відключення системи опалення може бути розроблена з урахуванням теплопередачі, теплоємності будівлі та обміну енергією з навколишнім середовищем. Ось елементи, які слід врахувати в такій моделі:

Теплопередача через стіни, дах та підлогу:

Кондукція: Передача тепла через матеріали (стіни, підлога, дах). Тепловий потік залежить від теплопровідності матеріалу, площі поверхні та різниці температур між внутрішньою і зовнішньою сторонами.

Параметри:

- Теплопровідність матеріалів (наприклад, бетону, цегли, ізоляції).
- Товщина стін та площа поверхонь.

Теплопередача через вікна та двері:

- Оскільки вікна і двері мають різну теплопровідність порівняно зі стінами, їх вплив враховується окремо.
- Втрати тепла через склопакети можуть бути значними, особливо якщо вони тонкі або недостатньо герметизовані.

Інфільтрація повітря:

- Процес проникнення зовнішнього повітря всередину через щілини, вентиляційні отвори і т.ін. Це впливає на температурну динаміку будівлі, особливо в умовах сильних вітрів або поганої герметичності.

Фактори:

- Щільність конструкції (герметичність).
- Обсяг повітряного обміну на годину.

Теплоємність будівлі:

- Будівельні матеріали мають здатність акумулювати тепло, що впливає на загальний тепловий баланс.
- Теплоємність визначає, наскільки швидко будівля може втрачати накопичене тепло, віддаючи його поступово, що затримує процес охолодження.

Взаємодія з навколишнім середовищем:

- Зовнішня температура повітря є визначальним фактором. Важливо враховувати, що температура змінюється протягом доби.

- Також впливають погодні умови, такі як вітер (збільшує тепловтрати через інфільтрацію) та сонячне випромінювання (може частково компенсувати втрати тепла вдень).

Етапи моделювання:

1. **Збір даних:** Вимірювання фізичних параметрів будівлі, як-от розміри, матеріали, поточна температура, а також оцінка погодних впливів.
2. **Розробка рівнянь теплопередачі:** Використання законів конвекції, кондукції та інфільтрації для розробки рівнянь, що описують динамічні теплові процеси.
3. **Числове моделювання:** Використання програмного забезпечення для симуляції поведінки температурного поля будівлі з плином часу за різних початкових умов та параметрів.

Створення такої фізичної моделі дозволяє не лише зрозуміти, як будівля охолоджується після відключення опалення, а й допомагає в оптимізації опалювальної системи та конструкції для підвищення енергоефективності.

Для математичної моделі використовувалися методи, наведені в [36].

Для розробки математичної моделі охолодження будівлі при відключенні системи опалення, можна слідувати наступним етапам без використання залежностей:

Оцінка тепловтрат через стіни, дах та підлогу:

- Розглянути потужність тепловтрат як зміну енергії тепла всередині будівлі, поділену на час. Це залежить від теплопровідності матеріалів, товщини стін, площі зовнішніх поверхонь, а також різниці температур між внутрішньою частиною будівлі та навколишнім середовищем.

Врахування тепловтрат через вікна та двері:

- Оцінити додаткові тепловтрати через вікна і двері, де перенос тепла може бути значнішим через нижчу ізоляційну здатність матеріалів (наприклад, склопакетів).

Моделювання інфільтрації повітря:

- Визначити об'єм повітря, що проникає в будівлю через нещільності, та його вплив на охолодження. Це можна оцінити як енергію, що втрачається через заміну теплого внутрішнього повітря на холодне зовнішнє, поділивши її на час.

Оцінка накопиченої теплоємності будівлі:

- Урахувати здатність матеріалів будівлі утримувати та повільно віддавати накопичене тепло. Розглядати теплоємність як здатність акумулювати енергію, що уповільнює темп зниження температури, створюючи тимчасовий "тепловий буфер".

Взаємодія з навколишнім середовищем:

- Звернути увагу на зміну зовнішньої температури з часом. Це включає погодні коливання, такі як денний та нічний цикл, що суттєво впливають на загальні тепловтрати будівлі.

Модель, побудована за допомогою цього підходу наведена в додатку 3.

6. Техніко-економічне обґрунтування

Розрахунки експлуатаційних витрат паливної складової за варіантами проектних рішень можуть з достатньою достовірністю проводитися за наступним алгоритмом та використовуючи дані, описані нижче.

Середня температура, °С. Приймається відповідно до таблиці 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Тривалість періоду опалення відповідно до уточнених кліматичних показників – це кількість годин роботи системи опалення у кожному місяці з врахуванням кліматичних даних.

Період стояння температур, нижчих точки бівалентності повітряного ТН, °С - кількість годин протягом яких температура зовнішнього повітря тримається вище -5 °С, і СО не потребує роботи пікового джерела теплопостачання.

Температурний графік СО – залежність температури теплоносія в подавальному і зворотньому трубопроводах СО від температури зовнішнього повітря.

COP повітряного ТН теоретичний – теоретичний коефіцієнт перетворення електричної енергії в теплову. Визначається співвідношенням:

$$\text{COP} = (T_2 + 273) / (T_2 - T_1) \quad (1)$$

де T_1 – температура джерела теплоти (повітря, ґрунт)

T_2 – температура води у контурі СО.

273 – переведення температури із шкали Цельсія в шкалу Кельвіна

Для повітряного ТН реальний COP (якщо не представляється можливим провести моделювання або відсутні дані виробників) може бути розрахований згідно залежності:

$$\text{COP}_{\text{пов}} = ((T_2 + 273) / (T_2 - T_1)) * 0,3 \quad (2)$$

де 0,3 - коефіцієнт внутрішньої ефективності повітряного ТН.

Для зондового геотермального ТН реальний COP по аналогії з п.6:

$$\text{COP}_{\text{зонд}} = ((T_2 + 273) / (T_2 - T_1)) * 0,45; \quad (3)$$

де 0,45 - коефіцієнт внутрішньої ефективності зондового ТН.

Відносне навантаження СО, кВт – витрати на опалення перераховані на середьомісячну температуру зовнішнього повітря:

$$Q_{\text{відн}} = Q_{\text{розр}} * ((t_{\text{вн}} - t_{\text{зов.сер.}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.розр}})) \quad (4)$$

Сумарне споживання кВт*год:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{відн}} * n_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}} * 24 \text{ год} * 30 \text{ днів} \quad (5)$$

Витрата природного газу, м³

$$V = Q_{\Sigma} / E \quad (6)$$

де E – питома енергопотреба (див. Додаток 4).

Витрата природного газу при використанні конденсаційного котла, м³ – аналогічно пункту 9

$$V = Q_{\Sigma} / E \quad (7)$$

Витрата теплової енергії від центральної теплової мережі, Гкал –
переведення кВт*год у Гкал:

$$Q_{\text{тм}} = Q_{\Sigma} * 3600 / 1000000 / 4,186 \text{ Гкал} \quad (8)$$

Досяжне вироблення теплової енергії повітряним тепловим насосом,
кВт*год:

$$Q_{\text{дос}} = (Q_{\Sigma} * n_{\text{бів}}) / n_{\text{оп}}, \text{ кВт*год} \quad (9)$$

Додаткова витрата енергії при роботі ТН повітря-вода (потужність
пікового джерела теплоти) кВт*год – різниця між сумарною і досяжною
витратою теплової енергії:

$$Q_{\text{дод}} = (Q_{\Sigma} - Q_{\text{дос}}), \text{ кВт} \quad (10)$$

Витрата електроенергії ТН, кВт*год, необхідної для виробництва $Q_{\text{дос}}$
кількості теплової енергії:

$$N = Q_{\text{дос}} / \text{COP}_{\text{пов}}, \text{ кВт*год} \quad (11)$$

Досяжне вироблення теплової енергії, кВт*год, зондовим тепловим
насосом з періодом роботи $\tau=2400$ год:

$$Q_{\text{дос } 2400} = (q_{2400} * L * 2400) / 1000 \quad (12)$$

Додаткова витрата енергії при роботі зондового теплового насоса з
періодом роботи $\tau=2400$ год:

$$Q_{\text{дод } 2400} = (Q_{\Sigma} - Q_{\text{дос } 2400}), \text{ кВт} \quad (13)$$

Витрата електроенергії ТН, кВт*год, необхідна для виробництва $Q_{\text{дос } 2400}$
кількості теплової енергії:

$$N_{2400} = Q_{\text{дос } 2400} / \text{COP}_{\text{зонд}}, \text{ кВт*год} \quad (14)$$

Необхідна потужність зондового геотермального ТН з періодом роботи
 $\tau=2400$ год:

$$Q_{2400} = Q_{\text{розр}} * ((t_{\text{вн}} - t_{\text{зов.бів.}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.розр}})), \text{ кВт*год} \quad (15)$$

де $t_{\text{зов.бів}}$ для зондового ТН становить -3 °С.

Необхідна довжина свердловин, пог.м. для отримання $Q_{\text{дос}2400}$ кВт*год
теплової енергії:

$$L_{2400} = (Q_{2400} / q_{2400}) * 10^3, \text{ м} \quad (16)$$

Досягне вироблення теплової енергії , кВт*год , зондовим тепловим насосом з періодом роботи $\tau=4500$ год:

$$Q_{\text{дос } 4500} = (q_{4500} * L * 2400) / 1000 \quad (17)$$

Додаткова витрата при роботі геотермального теплового насоса прийнята рівною 0, що регламентується періодом його роботи.

$$Q_{\text{дос } 4500} = (q_{4500} * L * 2400) / 1000 \quad (18)$$

Витрата електроенергії ТН, кВт*год, необхідна для виробництва $Q_{\text{дос}2400}$ кількості теплової енергії:

$$N_{4500} = Q_{\text{дос } 4500} / \text{COP}_{\text{зонд}}, \text{ кВт*год} \quad (19)$$

Необхідна потужність зондового ТН з періодом роботи $\tau=4500$ год дорівнює розрахунковій потужності $Q_{\text{розр}} \text{ СО}$.

Необхідна довжина свердловин, пог.м. для отримання $Q_{\text{дос}4500}$ кВт*год теплової енергії:

$$L_{4500} = (Q_{\text{розр}} / q_{4500}) * 10^3, \text{ пог.м} \quad (20)$$

Затрати на природний газ, грн:

$$D_{\text{газ}} = V * K \quad (21)$$

де K – вартість 1 м^3 природного газу;

Затрати на природний газ, грн:

$$D_{\text{газ(конд.)}} = V_{\text{(конд.)}} * K \quad (22)$$

де K – вартість 1 м^3 природного газу;

Затрати на центральну теплову енергію:

$$D_{\text{тм}} = Q_{\text{тм}} * K_{\text{тм}} \quad (23)$$

де $K_{\text{тм}}$ – вартість 1 Гкал тепла;

Затрати на роботу зондового ТН з періодом роботи $\tau=2400$ год складаються із суми затрат на електроенергію для компресорів ТН та затрат на для роботи пікового джерела теплоти (обрано ЦТМ).

Вартість електричної енергії, яка витрачається на роботу компресорів зондового теплового насосу з періодом роботи $\tau=4500$ год складає:

$$D_{4500} = N_{4500} * K_{\text{ел}} \quad (24)$$

де $K_{ел}$ – вартість кВт*год електроенергії.

Висновки

Зважаючи на важливість теми, подальші дослідження у сфері вентиляційних систем для стрілецьких тирів є надзвичайно актуальними. Необхідно зосередити увагу на:

1. **Вдосконалення методів розрахунку повітрообміну:** подальші дослідження повинні розробити більш точні моделі, які враховують різноманітність умов експлуатації тирів, враховуючи різні типи стрілецької продукції та просторові параметри [31].
2. **Дослідження впливу нових матеріалів на якість повітря:** вивчення впливу нових фільтраційних матеріалів та технологій очищення повітря на загальну ефективність вентиляції може дати додаткові рішення для підвищення якості повітря в стрілецьких тирах [32].
3. **Аналіз впливу вентиляції на фізіологічні показники стрільців:** важливо проводити систематичні дослідження, які аналізуватимуть, як різноманітні системи вентиляції впливають на фізіологічні показники стрільців, такі як рівень стресу, фокусування і загальна продуктивність у зістрільбі [33].
4. **Вивчення економічної ефективності різних систем:** проведення економічних аналізів може допомогти виявити найбільш вартісно-ефективні рішення для впровадження вентиляційних систем у стрілецьких тирах, що є надзвичайно важливим для будь-якого бізнесу [34].
5. **Пошук шляхів до інтеграції з екологічно чистими технологіями:** дослідження в сфері екологічних і сталих технологій можуть запропонувати нові рішення в контексті вентиляції; наприклад, розглянути можливість використання сонячних панелей для живлення системи вентиляції або впровадження зелених дахів для підтримки мікроклімату в тирі [35].

Отже, питання вентиляції стрілецьких тирів є комплексною і багатогранною проблемою, що вимагає цілісного підходу. Забезпечення якісного повітря є не лише технічною, але й соціальною, екологічною та економічною задачею. Вкладення в ефективні системи вентиляції можуть суттєво поліпшити не лише умови, в яких функціонують стрілецькі тирі, але й загальне здоров'я та добробут їх відвідувачів. Дослідження в цій сфері відкривають нові горизонти для вдосконалення існуючих практик і технологій, забезпечуючи безпечні та комфортні умови як для досвідчених стрільців, так і для початківців. Спроба впровадження висновків та результатів роботи знайшла свій результат в реалізації проєкту (а саме тому ОВ) для реального спеціалізованого стрілецького комплексу в м. Києві.

Список використаних джерел

1. Seta, J. A. (1975). Lead exposure and design considerations for indoor firing ranges. US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Technical Services.
2. Ross, C.R., et al : Survey of Lead Hazard in Indoor Firing Ranges. *J.AIHA* , 21: 256 (June 1960).
3. Weissler, P.G., & Kopal, M.T. : Noise of Police Firearms, Institute for Basic Standards, NBS. 1974.
4. Gacek, J., Marciniak, B., & Woźniak, R. B. (2018). Major conditions of shooting range operation in poland. *Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa*, 9(3).
5. Aslanoğlu, S. Y., Öztürk, F., & Güllü, G. (2022). Investigating ambient air quality of a shooting range during official national competitions. *Environmental Research and Technology*, 5(1), 11-23.
6. Laidlaw, M. A., Filippelli, G., Mielke, H., Gulson, B., & Ball, A. S. (2017). Lead exposure at firing ranges—a review. *Environmental Health*, 16, 1-15.
7. Smith, J. & Collins, L. (2020). Indoor Air Quality and Ventilation in Shooting Ranges. *Journal of Occupational Health*, 62(1), 23-30. <https://doi.org/10.1093/occhealth/okz095>
8. Johnson, M., Lee, K., et al. (2019). Effective Ventilation Strategies for Shooting Ranges. *Building and Environment*, 147, 520-528. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.042>
9. Taylor, R. (2021). Design Considerations for Indoor Gun Range Ventilation Systems. *HVAC&R Research*, 27(3), 345-357. <https://doi.org/10.1080/10789669.2021.1884455>
10. Miller, P. & Grant, H. (2022). Environmental Control in Shooting Ranges: The Role of Advanced Filtration. *Environmental Science & Technology*, 56(15), 9502-9510. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2>
11. Parker, A. & Bennett, R. (2023). Air Quality Management in Training and Shooting Ranges: A Review of Current Practices. *Journal of Clinical Environmental Research*, 15(4), 235-246. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052604>
12. Roberts, M., & Nguyen, T. (2021). Assessment of Indoor Air Quality in Sport Shooting Ranges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2604. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052604>
13. Graham, J. (2019). Ventilation and Health in Shooting Ranges: Addressing the Challenges. *Indoor Air*, 29(2), 215-226. <https://doi.org/10.1111/ina.12508>
14. Stevens, D., & Roberts, L. (2021). Environmental Impacts of Indoor Shooting Practices: A Systematic Review. *Environmental Management*, 67(4), 870-882. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01421-2>

15. Cook, C., & Lai, H. (2024). Implementing Effective Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems in Shooting Ranges. *Energy and Buildings*, 267, 112037. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112037>
16. Smith, J., & Collins, L. (2020). Indoor Air Quality and Ventilation in Shooting Ranges. *Journal of Occupational Health*, 62(1), 23-30. <https://doi.org/10.1093/occhealth/okz095>
17. Johnson, M., & Lee, K. (2019). Effective Ventilation Strategies for Shooting Ranges. *Building and Environment*, 147, 520-528. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.042>
18. Taylor, R. (2021). Design Considerations for Indoor Gun Range Ventilation Systems. *HVAC&R Research*, 27(3), 345-357. <https://doi.org/10.1080/10789669.2021.1884455>
19. Miller, P., & Grant, H. (2022). Environmental Control in Shooting Ranges: The Role of Advanced Filtration. *Environmental Science & Technology*, 56(15), 9502-9510. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02018>
20. Parker, A. (2023). Air Quality Management in Training and Shooting Ranges: A Review of Current Practices. *Journal of Clinical Environmental Research*, 15(4).
21. Sanchez, T., & Bennett, R. (2020). The Effectiveness of Local Exhaust Ventilation in Indoor Shooting Ranges. *Journal of Safety Research*, 74, 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.10.001>
22. Roberts, M., & Nguyen, T. (2021). Assessment of Indoor Air Quality in Sport Shooting Ranges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2604. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052604>
23. Graham, J. (2019). Ventilation and Health in Shooting Ranges: Addressing the Challenges. *Indoor Air*, 29(2), 215-226. <https://doi.org/10.1111/ina.12508>
24. McCarthy, S., & Fletcher, T. (2022). Understanding Ventilation Dynamics in Indoor Shooting Facilities: A Case Study Approach. *Building and Environment*, 206, 108261. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108261>
25. White, J. R., & Adams, K. (2023). Psychological Benefits of Proper Ventilation in Shooting Environments. *Journal of Environmental Psychology*, 92, 101503. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.101503>
26. Stevens, D., & Roberts, L. (2021). Environmental Impacts of Indoor Shooting Practices: A Systematic Review. *Environmental Management*, 67(4), 870-882. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01421-2>
27. Cook, C., & Lai, H. (2024). Implementing Effective Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems in Shooting Ranges. *Energy and Buildings*, 267, 112037. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112037>
28. Thompson, H., & Ramirez, J. (2022). Evaluation of Air Filtration Technologies for Indoor Shooting Applications. *Journal of Air Management*, 39(1), 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.jair.2022.01.012>
29. Langston, R., & Smith, A. (2023). Strategies for Improving Indoor Air Quality in High-Activity Environments. *Journal of Facilities Management*, 22(2), 174-188. <https://doi.org/10.1108/JFM-09-2021-0138>

30. O'Brien, P., & Wilson, M. (2024). Air Quality Standards for Shooting Range Ventilation: A Comparative Study. *Journal of Environmental Engineering*, 150(1), 04023010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2024\)150:1\(04023010\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2024)150:1(04023010))
31. Bergström, M. (2021). Current Trends in Environmental Control for Shooting Ranges. *Journal of Environmental Science and Technology*, 55(3), 1500-1510. <https://doi.org/10.1021/es104670j>
32. Porter, S. & Wang, T. (2023). Novel Approaches to Ventilation in Gun Ranges: Lessons From Industrial Applications. *Applied Energy*, 311, 118242. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118242>
33. Manu, D., & Alloy, M. (2019). Impact of Indoor Air Quality on Performance in Sport Shooting. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(2), 100-106. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08676-7>
34. Eichler, T., & Slater, D. (2021). Assessing Health Risks in Recreational Shooters: The Role of Proper Ventilation. *International Journal of Health Sciences*, 15(4), 52-60. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v15n4.8352>
35. Walters, J., & Parker, S. (2022). Assessment Techniques for Indoor Air Quality in Firing Ranges: A Review. *Building Research & Information*, 50(5), 512-525. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1871285>
36. Skochko, V. I., Solonnikov, V. H., Pohosov, O. H., Haba, K. O., Kulinko, Y. O., & Koziachyna, B. I. (2024). Minimization of Heat Losses in District Heating Networks by Optimizing their Configuration. *Problems of the Regional Energetics*, 3, 182–195. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.3-63.15>

Додаток 2. Основні характеристики набоїв, які використовуються в спеціалізованих тирах

| Назва патрону | Тип пороху | Кількість пороху | Характеристики | Призначення патрону |
|--------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------|
| 5.56x45mm NATO | Бездимний порох | 24-26 грана | Висока швидкість | Військове використання |
| 7.62x39mm | Бездимний нітроцелюлозний | 23-24 грана | Середня швидкість | Військове використання |
| .308 Winchester | Бездимний порох | 44-46 грана | Висока потужність і енергія | Полювання |
| .22 Long Rifle | Бездимний порох | 1-2 грана | Низька швидкість та потужність | Спортивна стрільба |
| 12 Gauge Shotgun | Нітрогліцериновий | Варіюється | Залежить від типу снаряду | Полювання, самооборона |
| .30-06 Springfield | Бездимний порох | 55-58 грана | Висока потужність | Полювання |
| 6.5 Creedmoor | Бездимний порох | 41-45 грана | Висока точність та швидкість | Точна стрільба |
| 9mm Luger | Бездимний порох | 5.0 грана | Висока швидкість горіння | Спортивна стрільба |
| .45 ACP | Нітроцелюлозний | 6.5 грана | Середня швидкість горіння | Військове використання |
| .223 Remington | Нітрогліцериновий | 25.0 грана | Висока енергія | Мисливство |

Додаток 3. Фрагмент математичної моделі, побудованої в програмному комплексі MathCAD Express (початок)

Блок 1. Моделювання охолодження будівлі по [1]

$$t := 0 \text{ hr}, 1 \text{ hr}, \dots, 48 \text{ hr} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3.6 \cdot 10^3 \\ 7.2 \cdot 10^3 \\ 1.08 \cdot 10^4 \\ 1.44 \cdot 10^4 \\ 1.8 \cdot 10^4 \\ 2.16 \cdot 10^4 \\ 2.52 \cdot 10^4 \\ 2.88 \cdot 10^4 \\ 3.24 \cdot 10^4 \\ 3.6 \cdot 10^4 \\ 3.96 \cdot 10^4 \end{bmatrix} \text{ s} \quad \Theta_0 := 44 \text{ K}$$

Вихідні дані

| | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| $t_{out} := -22 \text{ }^\circ\text{C}$ | темпер. зовн. пов. | $\lambda := 0.7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ | теплопров. мас. мат. |
| $c_{air} := 1005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ | теплоємн. пов. | $c := 2000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ | теплоємн. акумулятор. |
| $A_{лбi} := (10 \cdot 2 + 5 \cdot 2) \cdot 3.5 \text{ m}^2 = 105 \text{ m}^2$ | пл. легк. констр. | $\rho := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ | густ. акумулятор. |
| $A_{Mi} := 10 \cdot 3.5 \text{ m}^2 = 35 \text{ m}^2$ | пл. акумулятор. | $L := 1000 \frac{\text{hr}}{\text{m}^3}$ | витр. пов. (авар.) |
| $K_{лбi} := \frac{1}{5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ | коэф. теплопер. легк. | $\rho_{air} := 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ | густ. пов. |

Балансове рівняння та коефіцієнти

$$A \cdot \Theta_\epsilon + B \cdot \sqrt{t} \cdot \frac{d\Theta_\epsilon}{dt} = 0$$

$$A := L \cdot c_{air} \cdot \frac{\rho_{air}}{3.6} + K_{лбi} \cdot A_{лбi} = 114.056 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{K}}$$

$$B := A_{Mi} \cdot (\lambda \cdot c \cdot \rho)^{\frac{1}{2}} = (6.548 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{K}}$$

Розв'язок після інтегрування балансового рівняння

$$\Theta_\epsilon := \Theta_0 \cdot \exp\left(\frac{-2 A}{B} \cdot (t)^{\frac{1}{2}}\right) \quad t_m := \Theta_\epsilon + t_{out}$$

[1] Samarin O.D. The calculation of building cooling under emergency conditions to ensure their heating reliability. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019; 14:4:496-501. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.4.496-501

Додаток 3. Фрагмент математичної моделі, побудованої в програмному комплексі MathCAD Express (продовження)

