

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра "Будівельні, дорожні машини і будівництво"

Допустити до захисту
зав. кафедрою БДМБ
канд. техн. наук, професор
_____ Настоящий В.А.
" ____ " _____ 2021 р.

Кваліфікаційна магістерська робота

на тему:
«Дослідження ефективності систем вогнезахисту сталевих будівельних
конструкцій»

ДЕСВ 179 А
Альбом документів

Керівник магістерської роботи
канд. техн. наук, доцент
_____ Дарієнко В.В.
" ____ " _____ 2021 р.

Виконав студент гр. Бі-20мз
спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія

_____ Ігнатенко В.А.
" ____ " _____ 2021 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення ЦЗДО

Кафедра, циклова комісія Будівельні, дорожні машини і будівництво

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

(шифр і назва)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БДМБ,

к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ігнатенку Володимирі Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження ефективності систем вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій

керівник проекту (роботи) к.т.н. доцент Дарієнко В.В.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” 08 2021 року №16-13

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 25 листопада 2021 р.

3. Мета роботи:

- дослідити межі вогнестійкості для сталевих будівельних конструкцій, які найбільш часто використовуються в будівництві;
- розробити критерії вибору систем пасивного захисту сталевих конструкцій від вогневого впливу;
- виконати оптимізацію вогнезахисних складів вітчизняного та іноземного виробництва за економічними показниками.

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

1. Пожежно-технічна класифікація будівельних конструкцій
2. Основні способи вогнезахисту сталевих несучих конструкцій.
3. Вплив температури на механічні властивості сталі.
4. Розрахункові методи меж вогнестійкості.
5. Охорона праці.

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з науково-дослідного розділу	доцент Дарієнко В.В.		
Архітектурно-будівельний розділ	доцент Яцун В.В.		
Охорона праці	доцент Дарієнко В.В.		

6. Дата видачі завдання 18. 09. 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка науково-дослідного розділу	18.09.-18.10.21	
2	Розробка заходів з архітектурно-будівельного розділу	18.10.-25.10.21	
3	Розробка заходів з охорони праці	25.10.-30.10.21	
4	Оформлення альбому документів	30.10.-25.11.21	

Студент

(підпис)

Ігнатенко В. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Дарієнко В.В.

(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ	1
1. Пожежно-технічна класифікація будівельних конструкцій	5
1.1 Висновок.....	6
2. Основні способи вогнезахисту сталевих несучих конструкцій	8
2.1 Конструктивні способи	11
2.2 Вогнезахисна обробка покриттями і розчинами	15
2.3 Вогнезахисні склади терморозширюючого типу	16
2.4 Методи нанесення вогнезахисних покриттів	18
2.5 Розробка структурно-методологічної схеми вибору пасивного вогнезахисту	18
2.6 Висновок	26
3. Вплив температури на механічні властивості сталі	28
3.1. Вплив температури на статичні характеристики сталі	28
3.2 Вплив температури на пружні властивості	33
3.3 Висновок.....	33
4. Розрахункові методи меж вогнестійкості	34
4.1 Сутність розрахункових методів з ДБН В.1.1-7-2002	34
4.2 Сутність розрахунків за програмою RX 2 ПТК «А + Б»	36
4.3 Розрахунки по вогнезахисту сталевих профілів (незахищених)	42
4.4 Застосування розрахунків до підвищення меж вогнестійкості сталевих силосу для зберігання зерна	45
4.4.1 Характеристика конструкції бункера	45
4.4.2 Застосування сучасних вогнезахисних складів	48
4.5 Висновок	50
5. Оптимізація вогнезахисних складів за економічними показниками.	51
5.1 Висновок	54
Загальні висновки	55

Список літератури	56
Зміст.....	89
Додатки.....	58
Додаток А Охорона праці.....	58

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		2

Анотація

У результаті теоретичних досліджень і аналізу основних способів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій, встановлено їх технічні та економічні переваги і недоліки, а також рекомендовані області застосування.

У разі пожежі, з підвищенням температури несуча здатність сталевих конструкцій, значно знижується. Практично, після нагрівання 500°C сталеві конструкції втрачають свою несучу здатність, а при $600\text{--}700$ обрешуються під власною вагою.

Межа вогнестійкості сталеві конструкції визначається шляхом розрахунку її несучої здатності під впливом стандартного температурного режиму.

Для сталевих конструкцій з вогнезахисним покриттям ознакою втрати несучої здатності слід вважати перевищення температури металеві конструкції або елемента над його початковою температурою більш ніж на 480°C .

Для дослідження був прийнятий вологий спосіб захисту з терморозширюючого складу.

За допомогою програми RX 2 була розрахована межа вогнестійкості сталевих конструкцій при різних наведених товщинах. Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що всі прийняті для дослідження профілі сталевих конструкцій навіть самі масивні без вогнезахисту не забезпечують необхідних меж вогнестійкості.

За економічним критерієм найбільш представницьким варіантом при практично рівнозначних технічних показниках є Фенікс СТС.

Abstract

As a result of theoretical research and analysis of the main methods of fire protection of steel building structures, their technical and economic advantages and disadvantages, as well as recommended areas of application.

In case of fire, with increasing temperature, the load-bearing capacity of steel structures is significantly reduced. Practically, after heating of 500 ° C steel designs lose the bearing capacity, and at 600-700 collapse under own weight.

The limit of fire resistance of a steel structure is determined by calculating its bearing capacity under the influence of standard temperature.

For steel structures with a fire-retardant coating, the excess of the temperature of the metal structure or element above its initial temperature by more than 480 ° C should be considered a sign of loss of load-bearing capacity.

For research the wet way of protection from thermodilating structure was accepted.

Using the program RX 2 was calculated the limit of fire resistance of steel structures at different thicknesses. The analysis of results allows to draw a conclusion that all profiles of steel designs accepted for research even the most massive without fire protection do not provide necessary limits of fire resistance.

According to the economic criterion, the most representative option with almost equivalent technical indicators is Phoenix STS.

ВСТУП

Способи пожежного захисту будинків і споруд регламентують норми і правила, що базуються на набутому досвіді, наукових дослідженнях, технічних і економічних можливостях державної системи. Обов'язковими є наступні вимоги: на забезпечення безпеки життя і здоров'я громадян, з охорони навколишнього середовища, надійності та довговічності будинків і споруд. Будівельні норми і правила регламентують протипожежні вимоги, виконання яких забезпечує значний рівень пожежної безпеки.

Для вирішення завдання ефективного вогнезахисту та попередження займання потрібно, перш за все, знати, як починається пожежа, як вогонь поширюється, які небезпеки виникають при пожежі й як звести негативні фактори до мінімуму. Основні причини пожежі відомі - необережне поводження з вогнем (47,5 % загального числа випадків) та порушення правил експлуатації електрообладнання (20,4%).

Пожежа являє собою складний фізико-хімічний процес, який включає крім горіння масо- і теплообмін, що розвиваються в часі і просторі. Ці явища взаємозв'язані і характеризуються параметрами пожежі: швидкістю вигорання, температурою і т.д., які визначаються низкою умов, багато з яких носять випадковий характер.

Явища масо- і теплообміну називають загальними явищами, характерними для будь-якої пожежі незалежно від її розмірів і місця виникнення. Тільки ліквідація горіння різними способами може призвести до їхнього припинення. При пожежі процес горіння протягом досить великого проміжку часу не керований людиною. Наслідком цього процесу є великі матеріальні збитки.

Загальні явища можуть призвести до виникнення окремих явищ, тобто таких, які можуть або не можуть відбуватися на пожежах. До них відносять: вибухи, деформацію і обвалення технологічних апаратів та

					ДЕСВ 179 А			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження ефективності систем вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Ігнатенко					д	1	
Перевірив	Дарієнко					ЦНТУ гр. Бі-20мз		
Н. контр.	Яцун							
Затвердив	Настоящий							

установок, будівельних конструкцій, скипання або викид нафтопродуктів з резервуарів та інші явища.

Виникнення і перебіг окремих явищ можливий лише при створенні на пожежах певних сприятливих для цього умов. Так, деформація або обвалення будівельних конструкцій відбуваються лише в будівлях або на відкритих виробничих установках, частіше при великій тривалості пожеж; скипання або викид нафтопродуктів - лише при горінні темних і обводнених нафтопродуктів або за наявності підтоварної води (водяної подушки) і т.д.

Пожежа супроводжується ще й соціальними явищами, такими, що завдають суспільству не тільки матеріальну, а й моральну шкоду. Загибель людей, термічні травми й отруєння токсичними продуктами горіння, виникнення паніки на об'єктах з масовим перебуванням людей і т.п. - явища, що відбуваються на пожежах. Це особлива група явищ, що викликає значні психологічні перевантаження і навіть стресові стани у людей [1].

Основний шлях поширення вогню - кабельні та вентиляційні канали (розпечене повітря здатне викликати загоряння в сусідніх приміщеннях). Мало кому відомо, що при пожежі небезпечний не тільки відкритий вогонь, але і продукти горіння (чадний газ та інші токсичні з'єднання). Також одна з основних небезпек пожежі в будівлі - зниження міцності і обвалення несучих конструкцій (сталевих, залізобетонних) під впливом відкритого полум'я і високих температур. Як показує практика, люди під час пожежі гинуть в основному не від опіків, а від травм, пов'язаних з обваленням перекриттів, і задухи.

У будівельних конструкціях будівель і споруд, у тому числі житлових будинках застосовуються матеріали, різні за походженням і класом пожежної безпеки. Структурні елементи з залізобетону, бетону та цегли мають підвищену опірність відкритому полум'ю і можуть не руйнуватися при його впливі протягом десятків хвилин, а іноді навіть кількох годин.

Глибокий аналіз і вивчення пожежонебезпечних властивостей будівельних матеріалів, оцінка "поведінки" конструкцій при пожежі, проведення розрахунку міцності і стійкості будівель за умови вогневого впливу - все це дозволяє розробити і запропонувати споживачам високоефективні способи вогнезахисту конструктивних елементів. Створювані за результатами аналізу конкретні технічні та організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки дозволяють удосконалювати захищеність будівель і споруд у цілому і тим самим знизити пожежну небезпеку будівель і споруд.

У даній роботі розглядаються питання забезпечення вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій.

Вогнезахист будівельних конструкцій - це комплекс технологій, які дозволяють запобігти поширенню пожежі, виключити можливість горіння або ушкодження вогнем матеріалів, конструкцій і об'єктів. Вогнезахист має на меті підвищити вогнестійкість будівельних конструкцій.

Вогнестійкість конструкції - це здатність конструкцій і виробів протягом певного часу виконувати свої проектні завдання при дії високих температур.

Згідно з нормативними документами [1] показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої здатності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати теплоізолюючої здатності (I).

Для несучих металевих конструкцій межею, що визначає її працездатність, є межа несучої здатності R.

Для сталевих, деяких комплексних конструкцій (перекриття по профільованому металевому настилу, залізобетонні балки і колони з

зовнішнім армуванням тощо) і дерев'яних конструкцій, а також кабелів з горючою ізоляцією наявність вогнезахисту, як правило, збільшує навантаження від власної маси як на конструкцію, так і на будівлю або споруду в цілому.

Наприклад, при стандартній пожежі сталева конструкція незахищена втрачає свою несучу здатність і руйнується через 12-15 хвилин після початку пожежі. При захисті такої конструкції сумішами, які спучуються, її межа вогнестійкості може скласти 30-60 хвилин [2].

Деревина і вироби з неї відносяться до горючих матеріалів. При горінні деревини при температурі 280-300°C її розкладання стає швидким, внаслідок розкладу клітковини та лігніну різко підвищується процентний вміст вуглеводнів і водню, температура газів може сягати приблизно 1000°C. Під час захисту деревини вогнезахисними сумішами, які спучуються, загоряння деревини та розповсюдження вогню може бути знижене.

Відомо, що горіння можливе за наявності трьох складових: кисню, згораючого матеріалу і джерела запалення. У кабельних лініях є відразу все: кисень, що міститься в повітрі кабельних тунелів, каналів, коробів і т.д.; матеріал, що спалахує, - ізоляція (наприклад: полівінілхлорид, поліетилен та ін), антикорозійний склад, захисні оболонки; джерело займання - електрична дуга і струм витoku, викликані пошкодженням ізоляції, перевантаження струмоведучих жил, що викликає перевищення нормального рівня виділення теплоти, яка не може бути відведена і, сприяє піролізу твердих і рідких ізоляційних матеріалів. Висока температура і токсичність продуктів горіння полімерних матеріалів ускладнює гасіння кабельних трас. Захист кабельних ліній вогнезахисними складами сприяє зниженню поширення вогню по них і виділенню газоподібних, токсичних продуктів при горінні [3].

Отже, основним завданням фахівців з вогнезахисту металу, деревини, кабельних ліній в останні десятиліття стала розробка нових ефективних вогнезахисних складів, що дозволяють знижувати температуру нагрівання металу, спалаху і горіння деревини, розповсюдження вогню, виділення газоподібних токсичних продуктів при горінні кабельних ліній.

Питання прогнозування вогнестійкості сталевих конструкцій та її підвищення розглядалися у ряді робіт відомих фахівців таких як Єрьоміна Т.Ю., Голованов В.І., Яковлєв А.І., Павлов В.В., Страхов В.П. Крутов А.Н. та ін [3,4,5,6,7] .

Актуальність роботи. Забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд зі сталевих конструкцій є важливим державним завданням. Для сучасного будівельного виробництва характерне виготовлення будівельних конструкцій і виробів індустріальними методами. Сталеві конструкції знаходять широке застосування при зведенні висотних будівель в якості колон, несучих елементів покриттів, каркасів. Ці конструкції відповідають завданням технічного прогресу: вони надійні, володіють високими характеристиками міцності, забезпечують високі темпи виготовлення і зведення. Завдяки високій міцності вони економічні по витраті матеріалу, транспортабельні і довговічні. Зі зростанням будівництва значно збільшується споживання сталі у цій сфері.

У той же час елементи сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам протипожежної безпеки. Під дією високої температури під час пожежі несуча здатність сталевих конструкцій різко знижується, а іноді відбувається їх руйнування. Застосування сталевих конструкцій, які виконані без урахування вимог вогнестійкості, може призвести до людських жертв і значних збитків.

У зв'язку з сучасними тенденціями в промисловому будівництві зводити об'єкти на великих площах, проблема запобігання збитку від великих пожеж набуває великого значення. Тому одним із головних завдань

при експлуатації будівель є забезпечення нормативних міцнісних властивостей несучих сталевих елементів не тільки в звичайних умовах, але і при дії високих температур, пов'язаних з пожежею.

Таким чином, забезпечення довговічності сталевих конструкцій при пожежах досить актуально.

Проблема вогнестійкості вирішується зусиллями багатьох науково-дослідних, проектних організацій різних країн.

При вогневому впливі в сталевих будівельних конструкціях під дією постійного навантаження виникає деформація повзучості від температури, накопичення якої призводить до втрати несучої здатності цих конструкцій. Проте в даний час деформація повзучості не береться до уваги при розрахунку критичної температури стиснутих і згинальних сталевих елементів як у вітчизняних, так і в зарубіжних методиках.

Збільшення меж вогнестійкості сталевих конструкцій можливо завдяки використанню різних вогнезахисних матеріалів.

У кінцевому рахунку актуальністю даної роботи є забезпечення довговічності сталевих будівельних конструкцій за рахунок підвищення їх меж вогнестійкості.

Об'єктом дослідження є сталеві будівельні конструкції.

Предметом дослідження є вогнестійкість сталевих конструкцій або межі вогнестійкості.

Мета роботи:

- дослідити межі вогнестійкості для сталевих будівельних конструкцій, які найбільш часто використовуються в будівництві;
- розробити критерії вибору систем пасивного захисту сталевих конструкцій від вогневого впливу;
- виконати оптимізацію вогнезахисних складів вітчизняного та іноземного виробництва за економічними показниками.

Завдання дослідження :

- вивчити основні способи вогнестійкості пасивного вогнезахисту;
- вивчити сутність розрахункових методів;
- провести порівняльний аналіз вогнезахисних матеріалів по співвідношенню "ціна-вогнезахисна ефективність", (якість).

Новизна роботи полягає у вивченні програмного комплексу RX 2 розробки ПТК «А + Б» і застосування його для розрахунків граничних вогневих станів сталевих конструкцій.

Практична значимість роботи полягає в тому, що результати досліджень можуть бути рекомендовані для впровадження в будівельну практику на стадіях прийняття проектних рішень та реконструкції будівель і споруд із сталевих елементів, а також можуть бути використані інспекторським складом служби державного пожежного нагляду для забезпечення пожежної безпеки та розробки обґрунтованих протипожежних заходів.

Апробація роботи: Основні положення та висновки роботи доповідалися та обговорювалися на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції “Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій”. - Кропивницький: ЦНТУ, 2021.

1. ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Пожежно-технічна класифікація будівельних матеріалів, конструкцій, приміщень, будівель, елементів і частин будівель ґрунтується на їх поділі за властивостями, які сприяють виникненню небезпечних факторів пожежі та її розвитку, пожежної небезпеки, і за властивостями стійкості впливу пожежі та поширенню її небезпечних факторів вогнестійкості. Пожежно-технічна класифікація призначається для встановлення необхідних вимог щодо протипожежного захисту конструкцій, приміщень, будівель, елементів і частин будівель в залежності від їх вогнестійкості і (або) пожежної небезпеки.

Будинки та частини будинків, приміщення або групи приміщень, функціонально пов'язаних між собою, з функціональної пожежної небезпеки поділяються на класи в залежності від способу їх використання і від того, якою мірою безпека людей в них у разі виникнення пожежі знаходиться під загрозою, з урахуванням їх віку, фізичного стану, можливості перебування в стані сну, виду основного функціонального контингенту і його кількості [8]:

Ф 1- для постійного проживання та тимчасового (у тому числі цілодобового) перебування людей (приміщення в цих будинках, як правило, використовуються цілодобово, контингент людей в них може мати різний вік і фізичний стан, для цих будівель характерна наявність спільних приміщень);

Ф 2 - видовищні та культурно-освітні заклади (основні приміщення в цих будівлях характеризуються масовим перебуванням відвідувачів у певні періоди часу);

Ф 3 - підприємства з обслуговування населення (приміщення цих підприємств характеризуються більшою чисельністю відвідувачів, ніж обслуговуючого персоналу);

Ф 4 - навчальні заклади, наукові і проектні організації, установи управління (приміщення в цих будівлях використовуються протягом доби

деякий час, в них знаходиться, як правило, постійний, звиклий до місцевих умов контингент людей певного віку і фізичного стану);

Ф 5 - виробничі і складські будівлі, споруди і приміщення (для приміщень цього класу характерна наявність постійного контингенту працюючих, в тому числі цілодобово).

За вогнестійкості для будівель і споруд встановлено п'ять основних I - V і три додаткових ступенів - IIIa, IIIб, IVa [1]. Ступінь вогнестійкості - це нормована характеристика вогнестійкості будинків і споруд, яку визначають межею вогнестійкості основних будівельних конструкцій. Вимоги ступеня вогнестійкості встановлюють на стадії проектування за нормами вогнестійкості основних конструктивних елементів. Кожному ступеню вогнестійкості будівель відповідає:

- мінімальна межа вогнестійкості конструкцій;
- максимальна межа поширення вогню будівельними конструкціями (встановлює допустимий розмір пошкодження конструкції в сантиметрах);
- група горючості будівельних матеріалів (класифікаційна характеристика матеріалів по горючості, яка визначається встановленими умовами випробувань).

Всі будівельні матеріали розділять на дві групи:

- горючі - під дією вогню на поверхні матеріалу з'являється полум'я чи тління, яке продовжується після усунення джерела вогню, виділяються задушливі, токсичні гази (деревина, рубероїди, пластмаси);
- негорючі - під дією вогню або високої температури на поверхні матеріалу не з'являється полум'я, вони не тліють і не обуглюються (камінь, бетон, залізобетон, сталь).

Будівельні матеріали належать до негорючих за такими значеннями параметрів горючості: приріст температури в печі не більше 50°C; тривалість стійкого полум'я не більше 10 секунд. Будівельні матеріали не відповідають хоча б одному з вказаних значень параметрів, є горючими [8].

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь.

Втрата несучої здатності будівельної конструкції при пожежі означає її обвалення або виникнення граничного прогину або швидкості наростання граничних деформацій. Втрата цілісності характеризується утворенням в конструкції наскрізних тріщин або отворів, через які на необігріваному поверхню проникають продукти горіння та (або) полум'я. Втрата теплоізолюючої здатності проявляється підвищенням температури на необігріваній поверхні конструкції більш ніж на 140°C; в будь-якій точці цієї поверхні - більш ніж на 180°C у порівнянні з температурою конструкції до випробування або більш ніж на 220°C незалежно від температури конструкції до випробування.

Межа вогнестійкості - час у хвилинах (годинах) з моменту початку пожежі до виходу конструкції з ладу (до втрати несучої здатності, обвалення, досягнення незворотних деформацій або до утворення наскрізних тріщин), або прогріву до підвищення температури на протилежній від вогню поверхні порядку 220°C, вище за яку можливе самозаймання органічних матеріалів.

Таблиця 1.1 Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій від ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості будівель	Мінімальна межа вогнестійкості сталевих конструкцій, хв			
	Колони	Сталеві несучі конструкції сходів, сходових майданчиків, маршів	Сталеві несучі конструкції перекриттів	Балки, ферми, арки, рами перекриттів
I	R150	R60	R60	R30
II	R120	R60	R45	R30
III	R120	R60	R45	Не нормується
IIIa	R15	R15	R15	R
IVa	R15	R15	R15	R
V	Не нормується			

З таблиці видно, що в будівлях і спорудах I-III ступеня вогнестійкості застосування незахищених сталевих конструкцій неможливе. Згідно з п. 4.40 норм [1], у випадках коли нормована межа вогнестійкості конструкції R15 (межа вогнестійкості 15 хв. за ознакою втрати несучої здатності) допускається-

ся застосовувати незахищені сталеві конструкції, незалежно від їх фактичної межі вогнестійкості. Тому, в будівлях ступеня вогнестійкості IIIа, IV та V сталеві конструкції можуть застосовуватися без вогнезахисту, за винятком випадків обумовлених у нормативній документації.

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань [8] за стандартами на методи випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій конкретних видів, або за розрахунковими методами, відповідно до стандартів і методик, затверджених або узгоджених з центральним органом державного пожежного нагляду.

Показником здатності будівельної конструкції поширювати вогонь є межа поширення вогню (М).

За межею поширення вогню будівельні конструкції поділяють на три групи:

М0 (межа поширення вогню дорівнює 0 см);

М1 ($M \leq 40$ см - для вертикальних конструкцій); ($M \leq 25$ см - для горизонтальних конструкцій);

М2 ($M > 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M > 40$ см – для вертикальних конструкцій).

1.1 ВИСНОВКИ

Сталеві конструкції не поширюють вогонь, а їх граничний стан визначається показником R, який характеризується часом у хвилинах від початку вогневих випробувань, за стандартним температурним режимом, до досягнення критичної температури $t_{кр} = 500^{\circ}\text{C}$. Пожежні показники будівельних конструкцій представлені на рис. 1.1 [4].

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

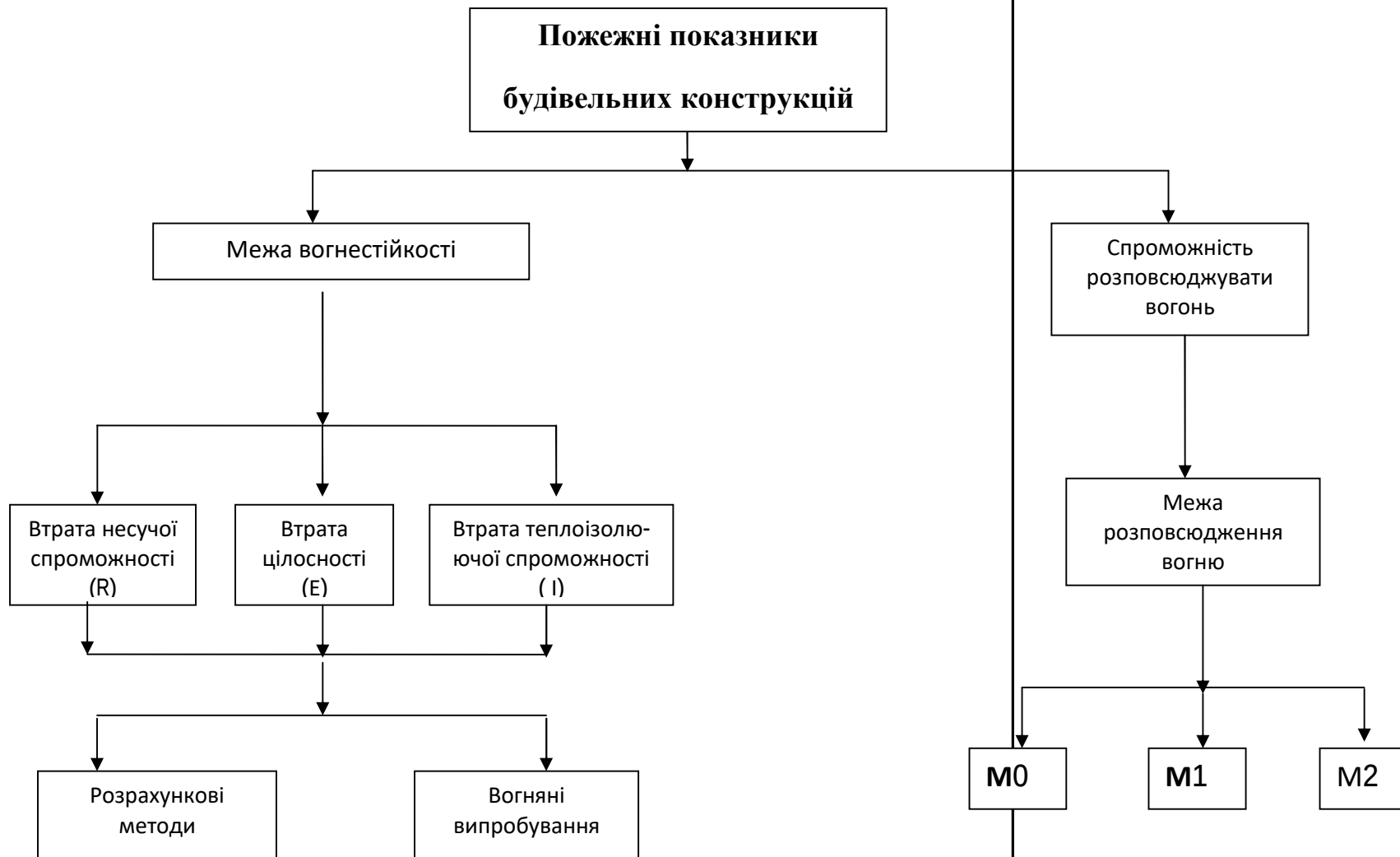


Рис.1.1 Пожежно-технічна класифікація будівельних конструкцій

2. ОСНОВНІ СПОСОБИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Усі існуючі організаційно-технічні методи вогнезахисту можна досить чітко розділити на активні та пасивні. Спробуємо проаналізувати їх ефективність та особливості конкретних вогнезахисних рішень.

Активний вогнезахист

Активний вогнезахист - це комплекс заходів для якнайшвидшого виявлення та ліквідації осередку загоряння. Відповідно до існуючих сьогодні норм законодавства України [1] протипожежний захист повинен досягатися застосуванням систем автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, засобів протидимного захисту, а також пристроїв, що забезпечують обмеження поширення пожежі.

Автоматичні системи об'ємного пожежогасіння дозволяють безпосередньо впливати на джерело загоряння в самому його зародженні. Системи працюють по принципу ручного, електричного та пневматичного пуску. Мабуть, найбільш надійні сьогодні системи, які приводяться в дію пожежними датчиками (на нагрів і задимленість) і забезпечують оперативне гасіння вогнища загоряння без участі людини.

Системи пожежогасіння діляться, перш за все, по тому, яка використовується вогнегасна речовина:

- газові суміші (CO₂, аргон, азот, фреони);
- вода;
- вода з піноутворювачем;
- порошки спеціального хімічного складу;
- аерозольні системи;
- системи тонкодисперсної води.

Найпоширенішим засобом пожежогасіння в силу дешевизни й ефективності як і раніше є вода. Однак традиційні водяні системи пожежогасіння хоча і дуже надійні, але мають ряд недоліків.

Проблема полягає в тому, що вони споживають величезну кількість води, так що їх використання потребує наявності ємкостей і резервуарів. Крім того, звичайне розпорошення викликає затоплення приміщення, що приносить великі збитки, особливо в сучасних будинках, переповнених електрокабелями і складною оргтехнікою.

Нові технології гасіння поки що повільно впроваджуються в практику. Застосування безводних засобів обмежено із низки міркувань - порошкові, газові, аерозольні системи хоча і мають дуже високу ефективність, але вони дорого коштують і небездоганні з точки зору екології. В даний час все більш популярним стає метод гасіння тонкорозпиленою водою (ТРВ) за допомогою мікрокрапель величиною менше 200 мікрон - метод більш економічний і ефективний, ніж звичайне розбризкування.

Пасивний вогнезахист

Крім високотехнологічних і, найчастіше, дорогих автоматичних систем пожежогасіння існують рішення, які називаються пасивним протипожежним захистом. В основі пасивного захисту лежить використання вже на етапі проектування і зведення будівлі широкого спектру заходів протипожежної безпеки, метою яких є захист людей від вогню в разі його виникнення та локалізації спалаху. У першу чергу, ці заходи засновані на використанні матеріалів, що запобігають загорянню і перешкоджають поширенню вогню, а також підвищують вогнестійкість сталевих будівельних споруд, інженерних систем і конструкцій з деревини, бетону, залізобетону.

Вогнезахист сталевих конструкцій полягає у створенні на поверхні елементів конструкцій теплоізолюючих екранів, що витримують високі температури і безпосередню дію вогню. Наявність таких екранів дозволяє упові-

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

льнити прогрівання металу та зберегти конструкціям свої функції при пожежі протягом заданого періоду часу. Згідно [1], застосування незахищених сталевих конструкцій допускається, коли мінімальна необхідна межа вогнестійкості конструкції встановлена R15 (RE 15, REI 15), за винятком випадків, коли межа вогнестійкості несучих елементів будівлі за результатами випробувань становить менше R8. У цих, а також у всіх інших випадках, коли необхідна межа вогнестійкості конструкцій більше R15 (RE 15, REI 15), потрібно підвищити їх вогнестійкість до заданого рівня за допомогою засобів вогнезахисту.

Розглянемо основні способи вогнезахисту несучих сталевих конструкцій.

Особливо важливо застосовувати пасивний вогнезахист у будинках з великим скупченням людей: готелі, аеропорти, спортивні комплекси, стадіони та торгові центри, а так само в таких галузях промисловості, як нафтопереробні та атомно - енергетичні комплекси.

Вогнезахист сталевих конструкцій здійснюють як традиційними методами (бетонування, штукатурки цементно-піщаними розчинами, використання цегляної кладки), так і новими сучасними методами, заснованими на механізованому нанесенні полегшених матеріалів і легких заповнювачів - азбесту, спученого перліту та вермикуліту, мінерального волокна, які володіють високими теплоізоляційними властивостями або базуються на використанні плитних і листових теплоізоляційних матеріалах (гіпсокартонних та гіпсоволокнистих листів, азбестоцементних і перлітофосфогелевих плит та ін.) Сучасні методи вогнезахисту сталевих конструкцій включають використання: теплоізоляційних штукатурок, що складаються з цементу або гіпсу, перлітового піску або вермикуліту, рідкого скла; вогнезахисних покриттів з азбесту або гранульованого мінерального волокна, рідкого скла, цементу та ін; фарб, що спучуються, які представляють складні системи органічних і неорганічних компонентів. Вогнезахисна дія цих фарб заснована на спучуванні

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

нанесеного складу при температурах 170-200⁰С та виникненні пористого теплоізолюючого шару, товщина якого складає кілька сантиметрів.

Нагрівання сталевих споруд в умовах пожежі залежить від безлічі факторів, серед яких основними є інтенсивність вогню і способи теплозахисту металоконструкцій.

Конструкції без вогнезахисту деформуються і руйнуються під впливом напружень від зовнішніх навантажень і температури. Вогнезахист, блокуючи тепловий потік від вогню до поверхні конструкцій, оберігає їх від швидкого прогрівання і дозволяє зберегти несучу здатність протягом певного часу.

Метали відрізняються високою теплопровідністю, тому їх вогнезахист полягає у створенні на поверхні сталевих елементів конструкцій теплоізолюючих екранів, що витримують вплив вогню або високих температур.

Наявність теплоізолюючих екранів дозволяє при пожежі уповільнити прогрівання металу та зберегти конструкціям свої функції протягом певного часу, тобто до настання критичної температури, при якій починається втрата несучої здатності. Можна виділити наступні способи вогнезахисту сталевих конструкцій:

- облицювання конструкцій вогнезахисними плитними матеріалами або установка вогнезахисних екранів (конструктивний спосіб);
- нанесення безпосередньо на поверхню конструкцій вогнезахисних покриттів (обмазка, фарбування, напилення і т.д.);
- комбінований (композиційний) спосіб, що представляє собою раціональне поєднання різних способів вогнезахисту.

2.1 КОНСТРУКТИВНІ СПОСОБИ

Бетонування, облицювання з цегли

Застосування вогнезахисту сталевих конструкцій за допомогою бетону і цегляної кладки найбільш раціонально, коли одночасно з вогнезахистом конструкцій потрібно провести їх укріплення, наприклад, при реконструкції будівель, як показано на рис. 2.1 [10].

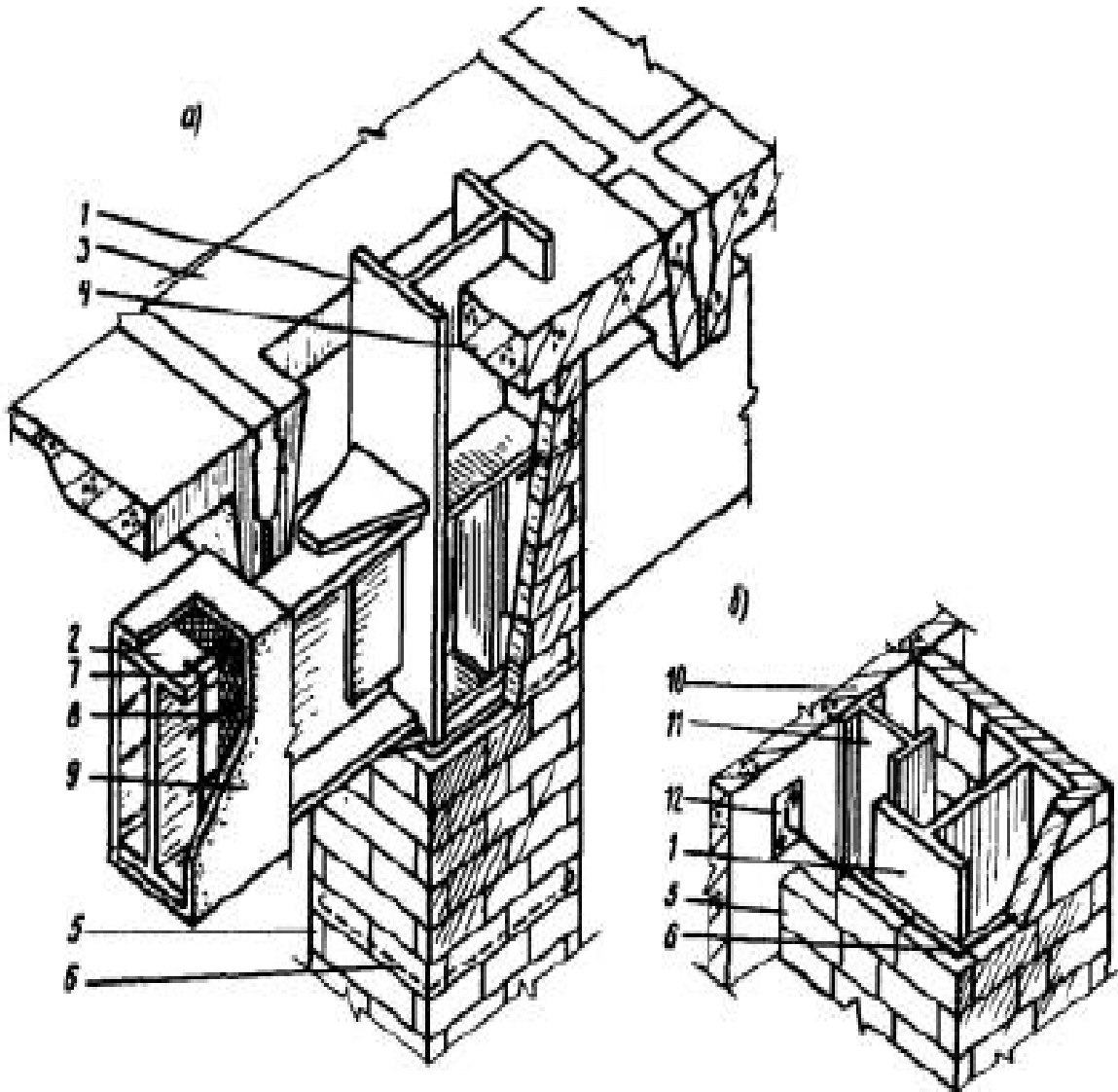


Рис.2.1 Фрагменти металлоконструкцій з вогнезахисними облицюваннями колон цегляною кладкою і ригелів штукатурками :

а - захист вузла з'єднання рядової колони з ригелями; б - захист колони, розташованої біля стіни будівлі; 1 - колона; 2 - ригель; 3 - плита перек-

риття; 4 - монолітний бетон; 6 - арматура; 7,8 - арматурні сітки; 9 - шпатель; 10 - стіна будівлі; 11 - стійки фахверка; 12 - планка анкера

Цегляне облицювання застосовують для вогнезахисту вертикально розташованих конструкцій. Армування вогнезахисного облицювання з цегли призначають з урахуванням посилення зв'язку в кутах цегляної кладки. Діаметр стрижнів арматури приймають не більше 8 мм. При використанні облицювання з цегли слід виконувати захист металоконструкцій від корозії у відповідності з [11].

Армування вогнезахисного шару бетону може бути різноманітним залежно від товщини шару і необхідного ступеня посилення конструкції.

Облицювання з бетону і цегляної кладки забезпечують межу вогнестійкості до 2,5 годин, вони стійкі до атмосферних впливів і агресивних середовищ. Але ці способи вогнезахисту пов'язані з трудомісткими опалубними і арматурними роботами, малопродуктивні, значно збільшують каркас будівлі і збільшують терміни будівництва. Крім того, ці способи незастосовні для вогнезахисту несучих конструкцій перекриттів (ферми, балки) і зв'язків по колонам і фермам.

Згідно [9], орієнтовні значення товщини вогнезахисного шару бетону, необхідного для забезпечення межі вогнестійкості сталевих конструкцій від 0,75 до 2,5 год, становлять від 20 до 60 мм.

Для вогнезахисного облицювання повинна застосовуватися цегла марки не нижче М75. Для цегляної кладки рекомендується застосовувати цементно-піщаний розчин марки не нижче М50. В якості в'язучого слід застосовувати портландцемент, шлакопортландцемент і швидкотверднучий портландцемент марок не нижче М400. Для армування цегляної кладки слід застосовувати дріт звичайний арматурний холоднотягнутий класу Вр-I по [12]; сталь гарячекатану гладку класу А-240С і періодичного профілю класу А-400С по [12].

Виконання вогнезахисного облицювання з пористої цегли допускається тільки в 1/2 цегли (120 мм).

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Облицювання суцільних і наскрізних колон цегляною кладкою може бути виконано по периметру перерізу і по контуру поверхні, що захищається. Цегляну кладку вогнезахисного облицювання рекомендується виконувати з однорядної (ланцюгової) перев'язки швів при відстані між вертикальними швами не менше 1/4 цегли (65 мм). Горизонтальні та вертикальні шви цегляної кладки вогнезахисного облицювання повинні бути ретельно заповнені розчином з наступним обробленням їх зовні під розшивку. Армування вогнезахисного облицювання слід призначати з урахуванням посилення зв'язку в кутах цегляної кладки. Діаметр стрижнів арматури рекомендується приймати не більше 8 мм. Пристрій арматурних поясів слід виконувати для облицювання в 1/4 цегли на відстані не більше 0,6 м (через 6 рядів кладки), а для облицювання в 1/2 цегли - не більше 1,5 м.

Для надійного з'єднання цегляної кладки вогнезахисного облицювання колон і забезпечення герметизації стиків з конструкціями стін необхідно в стінах встановити анкери та арматуру цегляної кладки приварювати до них. Горизонтальні та вертикальні шви в місцях сполучення цегляної кладки з іншими конструкціями повинні бути повністю заповнені розчином з обробленням швів врівень. Захист вузлів складної конфігурації в місцях сполучення колон з ригелями, зв'язками і плитами перекриття рекомендується виконувати в монолітному залізобетоні з установкою необхідних закладних деталей і випуском арматури для забезпечення з'єднання вогнезахисних облицювань колон, ригелів і зв'язків між собою.

Оголовок колони перед виконанням вогнезахисного облицювання повинен бути обгорнутий мінеральною ватою на величину не менше 200 мм, ретельно закріпленої на колоні.

Вогнезахисне облицювання цегляною кладкою не вимагає додаткових робіт з штукатурення і фарбування. При виконанні штукатурних робіт з підвищеними вимогами цегляну кладку облицювання рекомендується виконувати в пустошовку з глибиною незаповненого шва з лицевої сторони не більше 10 мм.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Облицювання цеглою не є антикорозійним захистом сталевих конструкцій. Захист металоконструкцій від корозії необхідно виконувати згідно з вимогами [11].

Листові і плитні облицювання та екрани

Для виконання облицювань сталевих конструкцій можуть використовуватися листові і плитні теплоізоляційні матеріали, наприклад: гіпсокартонні і гіпсоволокнисті листи, азбестоцементні та перліто-фосфогелієві плити, плити на основі спученого вермикуліту. Для кріплення листових і плитних матеріалів до сталевих конструкцій приварюють кріпильні елементи (сталеві пластини, куточки, штирі). Пристрій даного засобу вогнезахисту не вимагає очищення поверхні конструкцій, що захищаються, від раніше нанесених лакофарбних покриттів.

Обшивка полегшеними гіпсокартонними листами не є антикорозійним захистом металоконструкцій. Захист від корозії виконується перед виконанням обшивки, відповідно до вказівок по захисту будівельних конструкцій від корозії.

За даними ВНІПО і ЦНДІБК ім. Кучеренко, з допомогою листових і плитних облицювань забезпечується межа вогнестійкості до 2,5 годин [10].

Листові і плитні облицювання та екрани практично застосовуються для колон, стійок та балок. Але для ферм перекриття та зв'язків застосування цих засобів вогнезахисту нераціонально. Так само обмежують застосування листових і плитних облицювань значні перевитрати матеріалу при низькому рівні необхідних меж вогнестійкості конструкцій, що захищаються, і високий рівень паропроникності [10].

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

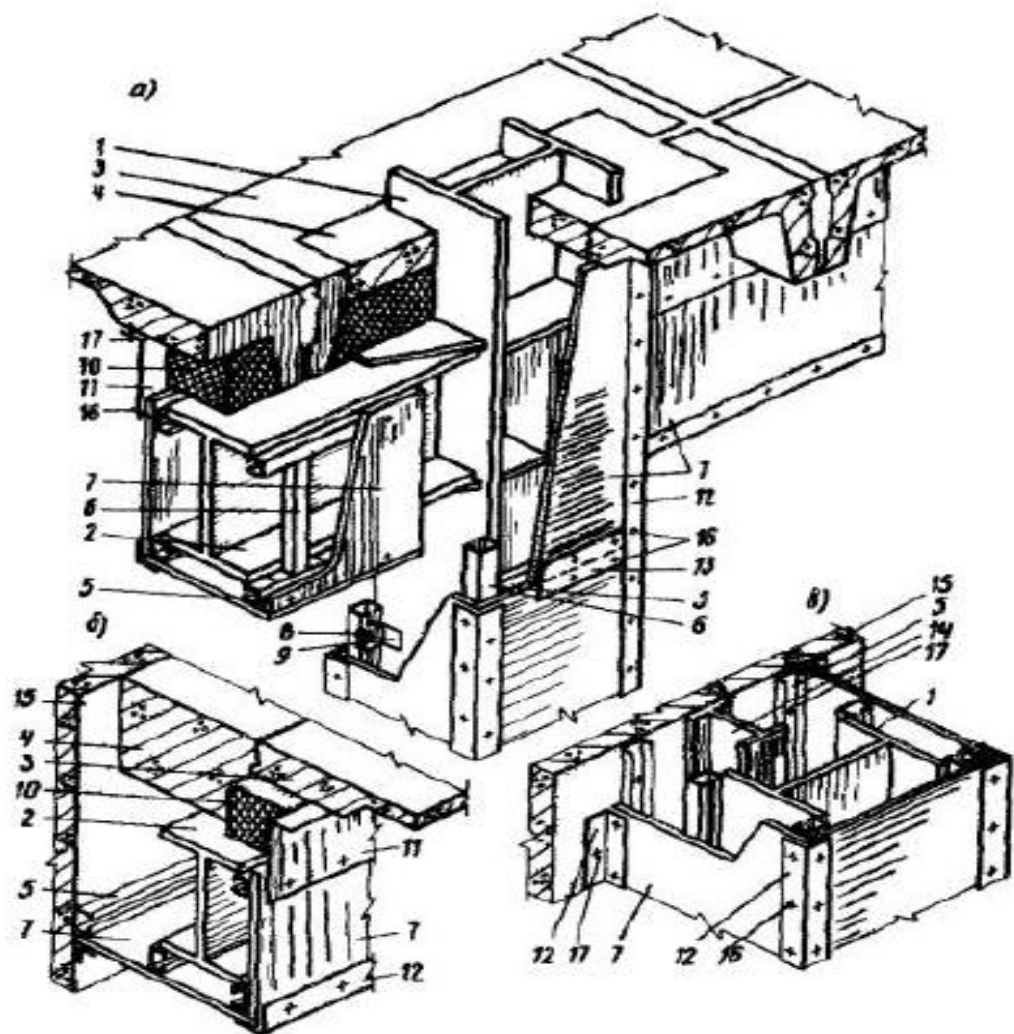


Рис. 2.2 Фрагменти металоконструкцій з вогнезахисним облицюванням з полегшених гіпсокартонних листів:

а - захист вузла з'єднання рядовий колони з ригелями; б - захист ригеля, розташованого біля стіни будівлі; в - захист колони, розташованої біля стіни будівлі; 1 - колона; 2 - ригель; 3 - плита перекриття; 4 - монолітний бетон; 5 - поздовжній елемент каркаса обшивки; 6 - поперечний елемент каркаса обшивки; 7 - обшивка; 8 - закріплювальна планка; 9 - анкер; 10 - ізоляція термоізоляційного поясу; 11 - нащільник термоізоляційного поясу, 12 - кутовий нащільник; 13 - розкладка; 14 - стійки фахверка ; 15 - стіна будівлі; 16 - гвинти; 17 - дюбель.

2.2 ВОГНЕЗАХИСНА ОБРОБКА ПОКРИТТЯМИ І СКЛАДАМИ

Сьогодні на території України для забезпечення вогнезахисту будівельних конструкцій використовується широкий спектр засобів вогнезахисних матеріалів (штукатурні склади, що спучуються, фарби, обмазки, мінераловатні плити (мати), сухі штукатурки), що мають різну вогнезахисну ефективність і відповідно переваги і недоліки.

Штукатурки

Використання цементно-піщаної штукатурки обумовлено такими перевагами, як низька вартість матеріалів для приготування складу, забезпечення значної межі вогнестійкості захищаємої конструкції (до 2,5 годин), стійкість до атмосферних впливів.

У той же час даний спосіб вогнезахисту має ряд недоліків, які обмежують його застосування. До них відносяться: велика трудомісткість робіт з нанесення покриття через необхідність армування сталевую сіткою; збільшення навантажень на фундаменти будівель за рахунок того, що обтяжує каркас; необхідність застосування антикорозійних складів.

Крім того, штукатурки не відповідають естетичним вимогам і не можуть бути нанесені на конструкції складної конфігурації (ферми, зв'язки і т. д.).

Прагнення знизити масу штукатурного покриття призвело до розробки легких штукатурок із вмістом азбесту, перліту, вермикуліту, фосфатних з'єднань і інших матеріалів. Однак зниження маси призводить до появи недоліків, властивих полегшеним штукатуркам: зниження конструктивної міцності, недостатня адгезія до поверхонь, що покриваються. Слід зазначити, що штукатурні суміші на рідкому склі, вапні і гіпсі можуть використовуватися в приміщеннях з відносною вологістю не більше 60%.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2.3. ВОГНЕЗАХИСНІ СКЛАДИ ТЕРМОРОЗШИРЮЮЧОГО ТИПУ

В даний час все більше поширення отримують нові методи з використанням вогнезахисних складів, які незначно обтяжують конструкції. Найбільш технологічним є нанесення на поверхню об'єкта тонкошарових вогнезахисних складів (фарб), які спучуються. Їх вогнезахисні властивості проявляються за рахунок збільшення товщини шару і зміни теплофізичних характеристик при тепловому впливі в умовах пожежі.

Вогнезахисні фарби (покриття), які вспучуються представляють собою композиційні матеріали, що мають у своєму складі полімерну в'язучу речовину і наповнювачі (антипірени, газоутворювач, жаростійкі речовини і стабілізатори спіненого вугільного шару). При нагріванні вони розкладаються навколо захищаємої конструкції з поглинанням тепла, відбувається виділення інертних газів і пар, які заміщають атмосферний кисень і блокують конвективний перенос тепла до поверхні, що захищається, придушуючи полум'я поблизу шару покриття, зменшують радіаційний потік тепла і уповільнюють процес горіння. Спучуючі покриття містять компоненти, які є джерелом утворення спіненого вугільного шару, що покриває поверхню конструкції. Цей шар поступово коксується, стає жорстким.

Спінений шар, відрізняючись низькою теплопровідністю, виконує функцію теплозахисного екрану, який уповільнює розповсюдження тепла по конструкції і її прогрів, в результаті чого об'єкт, який обробили, значно пізніше потрапляє в область критичної температури.

Сьогодні на території України для забезпечення вогнезахисту будівельних конструкцій використовується широкий спектр засобів вогнезахисних матеріалів (штукатурні суміші, фарби що спучуються, обмазки, мінераловатні плити (мати), сухі штукатурки), що мають різну вогнезахисну ефективність і відповідно переваги і недоліки.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Суміші терморозширюючого типу є одним з перспективних напрямів вогнезахисту. Дія їх засновано на спучування нанесеного покриття під впливом високих температур (170 - 250°C) і виникнення пористого теплоізолюючого шару. При цьому вогнезахисне покриття товщиною від 0,5 до 2 мм збільшується в об'ємі в 10 - 40 разів і забезпечує вогнезахисну ефективність від 0,5 до 1,5 години.

Вибір способу вогнезахисту несучих сталевих конструкцій на стадії проектування для конкретного об'єкта проводиться на основі техніко-економічного аналізу з урахуванням умов об'єкту:

- величини необхідної межі вогнестійкості конструкції;
- складності конфігурації конструкції;
- обмежень по вазі вогнезахисного покриття;
- температурно-вологісних умов експлуатації і виробництва будівельно-монтажних робіт;
- ступеня агресивності навколишнього середовища по відношенню до вогнезахисту і матеріалу конструкції;
- необхідних термінів проведення робіт;
- естетичних вимог до конструкції.

За відповідності умовам об'єкта декількох способів вогнезахисту, подальший вибір здійснюється з урахуванням:

- довговічності засобів вогнезахисту;
- ремонтпридатності засобів вогнезахисту;
- досвіду застосування засобу вогнезахисту на інших об'єктах;
- вартості виробництва вогнезахисних робіт.

Вибір конкретного типу вогнезахисного складу і матеріалу після уточнення оптимального способу вогнезахисту для даного об'єкта проводиться шляхом порівняння техніко-економічних показників матеріалів, наявність діючих сертифікатів та звітів про випробування на потрібну вогнезахисну ефективність.

Відповідність вимогам пожежної безпеки, які встановлені у нормативних документах, підтверджуються для кожного конкретного типу вогнезахисного складу та матеріалу за допомогою видачі Сертифікату пожежної безпеки. Сертифікат є обов'язковою складовою частиною «Сертифіката відповідності для продукції і послуг у галузі пожежної безпеки».

Для засобів вогнезахисту сталевих конструкцій сертифікаційні вимоги встановлені відповідно до нормативних документів [14, 15].

2.4. МЕТОДИ НАНЕСЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

Слід зазначити, що нанесення вогнезахисних складів проводиться на основу, зазначену у сертифікаті пожежної безпеки. Перед нанесенням вогнезахисних сумішей необхідно провести очищення поверхні від раніше нанесених лакофарбних покриттів, іржі, знежирити і прогрунтувати. Вододисперсійні вогнезахисні суміші застосовуються для захисту сталевих конструкцій у закритих приміщеннях з вологістю до 85%. Допускається короткочасний вплив на них розпиленої води. Крім цього існують атмосферостійкий вогнезахисні суміші на органічному розчиннику. Важливо і те, що вогнезахисні суміші можуть бути застосовані для вогнезахисту сталевих конструкцій будь-якої складної конфігурації [10].

2.5. РОЗРОБКА СТРУКТУРНО-МЕТОДОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИБОРУ ВОГНЕЗАХИСТУ

Основними підходами до забезпечення нормативної вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій (колон, балок, ферм та інших несучих конструкцій) є:

- нанесення на їх поверхню вогнезахисних покриттів або облицювань;
- застосування вогнезахисних екранів і підвісних стель;

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- заповнення порожніх сталевих конструкцій теплоносієм (наприклад водою).

Варіант із заповненням порожнистих сталевих конструкцій теплоносієм передбачає здійснення прокачування носія в разі пожежі, має високу вартість і широко не застосовується.

На рис. 2.3 наведено графік підвищення температури сталевих колон двотаврового перерізу профілю № 20, які облицьовували окремими шарами з гіпсокартонних плит і вогнезахисною штукатуркою.

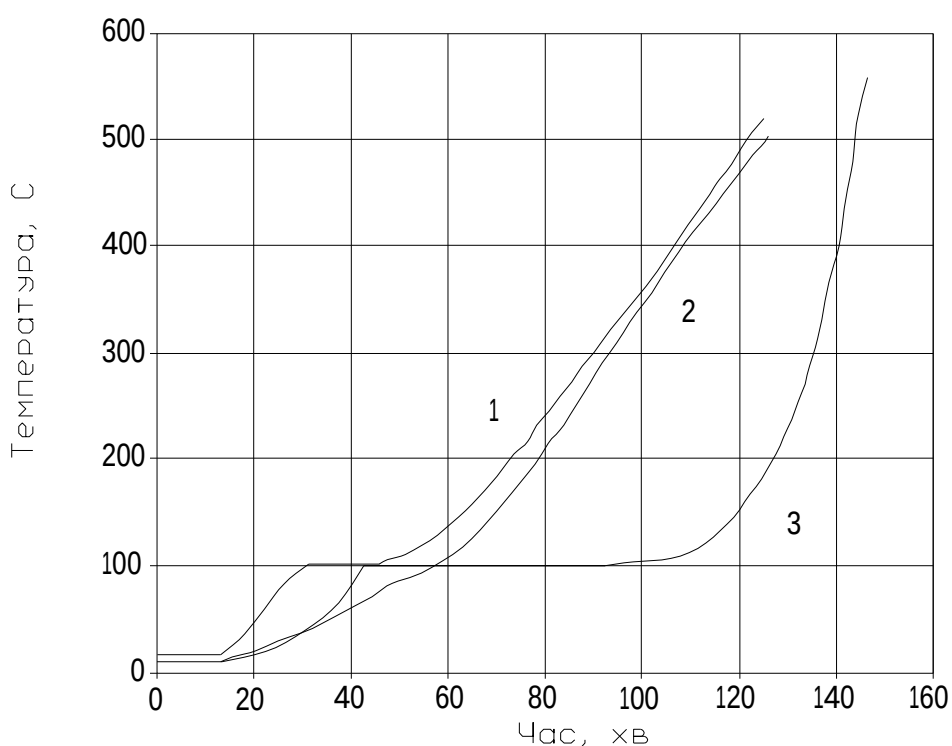


Рис. 2.3 Нагрівання сталевих колон наведеної товщиною 3,4 мм (двотавр № 20) в умовах температурного режиму стандартного пожежі з облицюванням:

1 - вогнезахисною штукатуркою товщиною 30 мм; 2 - мінераловатних плит (щільність 165 кг/м³) товщиною 90 мм; 3 - листами гіпсокартону товщиною 50 мм (чотири листи по 12,5 мм).

Як видно з вищезгаданого, за рахунок облицювання можливо отримати значну вогнестійкість сталевих конструкцій. У випробувальному центрі ТОВ «ТЕСТ» проводилися випробування тривалістю до 3,5 годин сталевих конструкцій з облицюванням. Вогнезахисні облицювання застосовуються, в основному, для захисту сталевих конструкцій (колон, несучих сталевих елементів перекриттів, сходів і т.д.), коли необхідна межа вогнестійкості складає або більше 60 хвилин [2].

Вогнестійкість сталевої конструкції залежить від наведеної товщини конструкції і товщини шару облицювання. Як приклад, на рис. 2.4 наведена залежність вогнестійкості конструкції від товщини захисного шару облицювання, виконаного з гіпсоволоконних плит.

При застосуванні в якості вогнезахисного облицювання матеріалів, які містять природну та хімічно- пов'язану вологу (гіпсокартон, штукатурки), під час пожежі сталева конструкція за рахунок теплового масопереносу вологи за кілька хвилин (залежно від товщини і властивостей матеріалу облицювання) нагрівається до температури близько 100°C, потім температура тримається певний час на цьому рівні і після видалення вологи підвищується.

Вогнестійкість сталевої конструкції, яка облицьована мінераловатними плитами, може бути підвищена не тільки за рахунок збільшення захисного шару, але і при застосуванні плит з більшою щільністю. Нагрівання конструкцій з таким облицюванням йде монотонно (рис. 2.4) [2].

Для захисту несучих сталевих конструкцій міжповерхових перекриттів можуть бути застосовані вогнезахисні стелі, які виконуються з використанням матеріалів, що застосовуються в вогнезахисних облицюваннях. Фактично вогнезахисні підвісні стелі це – горизонтальне підвісне вогнезахисне облицювання. Оцінка ефективності вогнезахисних стель здійснюється за [9].

Хоча за рахунок вогнезахисних облицювань можливо суттєво підвищити вогнестійкість сталевих конструкції, проте їх застосування не завжди доцільно або можливо через високу вартість та велику масу, зокрема для вог-

незахисту деяких конструкцій (табл. 1.1) межа вогнестійкості яких повинна бути 30-60 хвилин.

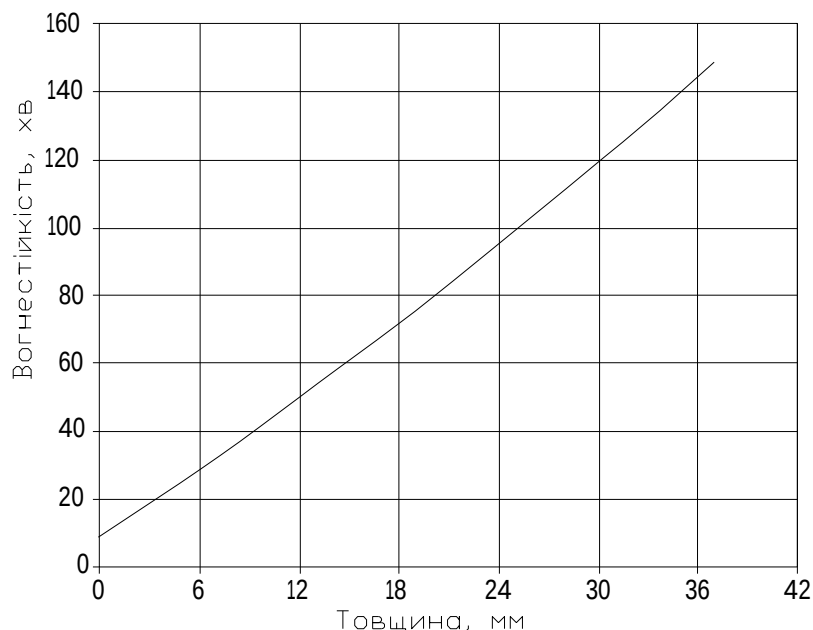


Рис. 2.4. Залежність вогнестійкості сталевих колон наведеної товщиною 3,4 мм (двотавр № 20) від товщини облицювання з гипсоволоконных аркушів.

Для вогнезахисту таких конструкцій можливе застосування різноманітних вогнезахисних покриттів (фарб), які терморозширюються. Принцип дії таких покриттів полягає в тому, що покриття, яке нанесено на сталеву конструкцію, при нагріванні до температури 160-200°C починає спучуватися - пошарово рухатися назустріч вогню. Товщина шару покриття збільшується у декілька десятків разів, тим самим захищаючи конструкцію від нагрівання. Розширення покриття проходить з поглинанням тепла (наявність ендотермічних ефектів). На початку вогневого впливу конструкція швидко нагрівається до температури 160-200°C.

Після цього покриття починає розширюватися, що обумовлює більш повільний процес нагрівання. Після повного спрацювання (розширення) покриття процес нагрівання прискорюється (рис. 2.5). Вогнезахисні покриття на конструкції наносять шаром від 0,5 до 2 мм. Більш товстий шар нанесення,

звичайно, не підвищує вогнестійкість сталевій конструкції, а може навіть зменшити вогнестійкість.

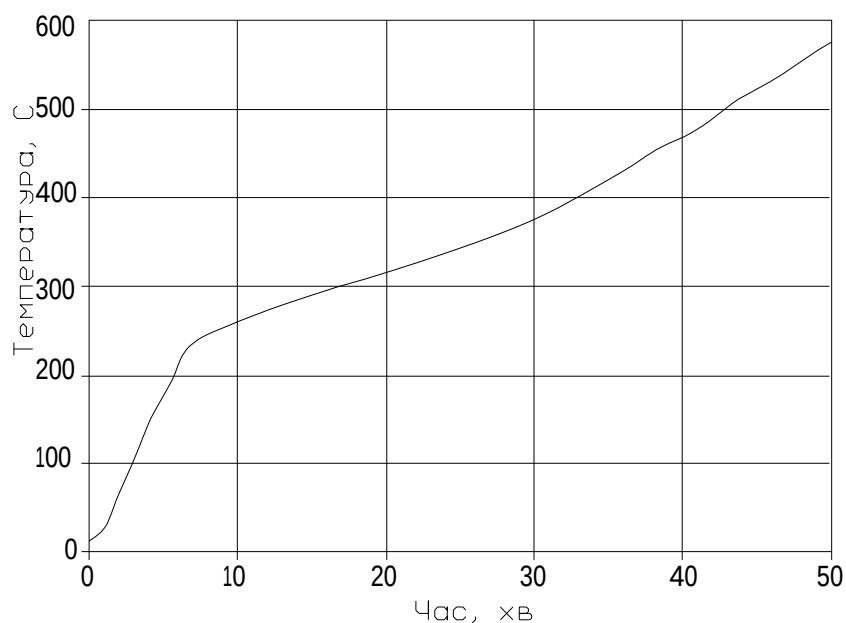


Рис. 2.5 Характерний графік нагріву сталевій колони з вогнезахисним терморозширюючим покриттям в умовах температурного режиму стандартної пожежі.

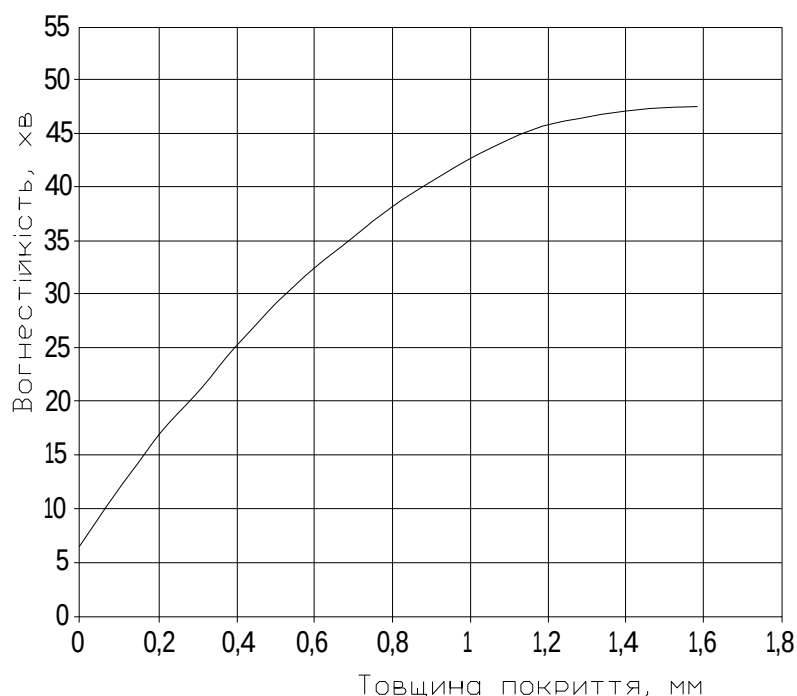


Рис. 2.6. Характерний вид залежності вогнестійкості сталевій конструкції з вогнезахисним покриттям, яке терморозширюється, від товщини покриття.

Для кожного типу вогнезахисного покриття, яке терморозширюється, є гранична товщина нанесення. При нанесенні шару більшої товщини покриття під час розширення починає обвалюватися за рахунок гравітаційних сил і конвективних потоків, які виникають під час пожежі (Рис. 2.6).

На рис. 2.7 наведено вигляд зразків сталевих колон двотаврового перерізу в печі після випробувань за стандартним температурним режимом, які були покриті вогнезахисним терморозширюючого покриттям, товщиною 1мм. Як видно з рис. 2.7 спучений шар покриття повністю заповнив простір між полицями двотавра. За результатами випробувань не менше трьох зразків, можна отримати інтерполяційний графік залежності вогнестійкості конструкції від товщини покриття, або від наведеної товщини металу при фіксованій товщині покриття.



Рис. 2.7. Вид сталевих колон з вогнезахисним покриттям яке спучується, в печі після проведення випробувань.

Ідентифікація вогнезахисних терморозширюючих покриттів, здійснюється за показником об'ємного коефіцієнта спучування, який визначається за методикою [16]. Питомий коефіцієнт спучування ($\text{см}^3/\text{г}$) - питомий обсяг вогнезахисного матеріалу від спученого стану, який утворився з ваги певної маси матеріалу під впливом підвищеної температури (340°C) протягом 20 хв.

Зазвичай значення об'ємного коефіцієнта спучування покриттів складає від 20 до 50 см³/г, що обумовлює лінійне спучування матеріалу в 25-70 разів.

Вогнестійкість конструкцій з вогнезахисним покриттям, яке терморозширюється, більше залежить від їх наведеної товщини, на відміну від конструкцій з вогнезахисною облицюванням. Це пов'язано з тим, що теплоємність металу і облицювання сумірні величини, а теплоємність покриття, значно менша. За рахунок застосування вогнезахисних покриттів можливо отримати вогнестійкість сталевих конструкції від 30 до 60 хв в залежності від типу покриття і наведеної товщини.

До недоліків вогнезахисних покриттів можна віднести обмежений термін зберігання в рідкому стані (зазвичай до одного року). При більших строках зберігання вони втрачають свої властивості.

Аналіз досліджень з визначення вогнезахисної ефективності засобів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій дозволив розробити структурно-методологічну схему вибору вогнезахисту за наступними критеріями:

- умови експлуатації;
- вимоги до декоративного виду;
- необхідну межу вогнестійкості;
- стійкість до механічних пошкоджень;
- товщина, питома вага покриття;
- вартість;
- час нанесення;
- технологічність (складність) нанесення;
- можливість відновлення після ушкоджень (ремонтпридатність).

Ця схема наведена на рис. 2.8.

Для подальших досліджень згідно цієї схеми прийнятий вологий спосіб вогнезахисту, а саме вогнезахисні покриття, що спучуються.

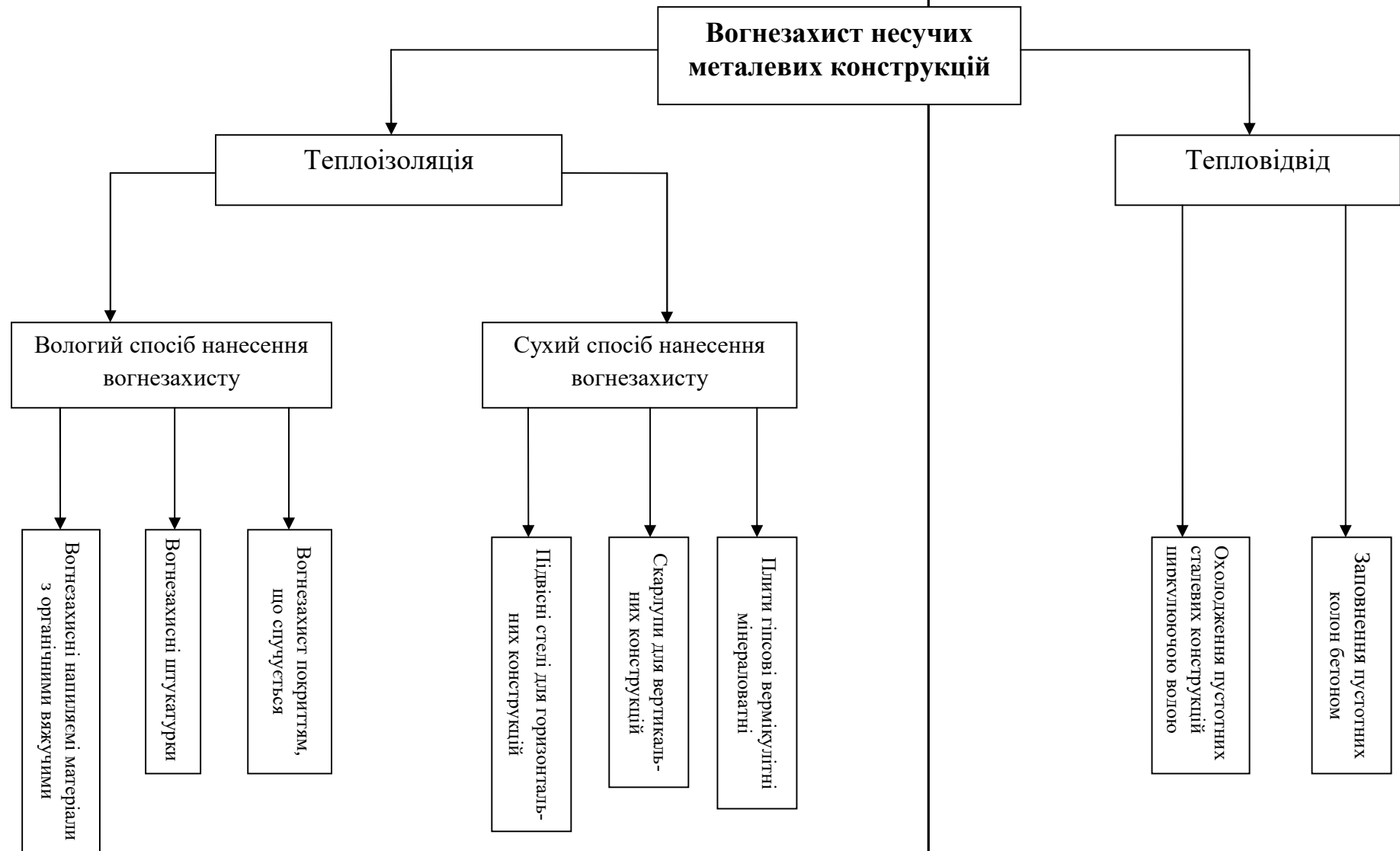


Рис. 2.8 Структурно-методологічна схема вибору вогнезахисту

2.6. ВИСНОВКИ

У результаті теоретичних досліджень і аналізу основних способів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій, встановлено їх технічні та економічні переваги і недоліки, а також рекомендовані області застосування, які представлені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Переваги та недоліки різних способів вогнезахисту.

Спосіб вогнезахисту	Переваги	Недоліки	Рекомендована область застосування
Обетонування, облицювання з цегли	Відносно низька вартість матеріалів. Стійкість до атмосферних впливів. Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Велика маса (додаткове навантаження на захищаємі конструкції і фундамент). Необхідність застосування арматури. Велика трудомісткість робіт. Складність у виготовленні та ремонті.	При необхідності забезпечення високих необхідних меж вогнестійкості конструктивного вогнезахисту.
Листові і плитні облицювання і екрани	Ремонтопридатність. Не залежить від стану раніше нанесених лакофарбних покриттів. Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Невисока механічна міцність. Багат шаровість для досягнення високих меж вогнестійкості. Застосовувати в приміщеннях з підвищеною вологістю. Необхідність застосування кріпильних елементів. Велика маса.	При необхідності забезпечення високих необхідних меж вогнестійкості конструктивного вогнезахисту в приміщеннях з нормальною вологістю (не більше 60%).
Штукатурки	Можливість експлуатації в атмосферних умовах (крім сумішей на рідкому склі, вапні і гіпсі). Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Велика маса штукатурок. Низька вібростійкість покриття при великих товщинах шарів. Необхідність застосування сталевий сітки і анкерів. Велика трудомісткість робіт, особливо для вогнезахисту конструкцій складної конфігурації (ферми, зв'язки і т. д.). Складність відновлення і ремонту. Мала конструктивна міцність (для сумішей на вапні і гіпсі). При необхідності забезпечити високу межу вогнестійкості (вище 60 хв.) конструкцій у разі підвищеної вологості (крім сумішей на вапні і гіпсі).	При необхідності забезпечити високу межу вогнестійкості (вище 60 хв.) конструкцій в випадку завищеної вологості (окрім сумішей на вапні та гіпсі).

Продовження таблиці 2.1

Вогнезахисний склад термо – розширюючого типу (вогнезахисні фарби)	Відносно низька трудомісткість нанесення. Мала товщина й вага покриття. Ремонтопридатність. Вібростійкий. Гарні декоративні якості більшості вогнезахисних фарб. Застосування для вогнезахисту сталевих конструкцій будь-якої складності. Термін експлуатації не менше 20 років при дотриманні вимог ТУ.	Вогнезахисні склади термо-розширюваного типу (вогнезахисні фарби). Забезпечувані межі вогнестійкості - в основному до 60 хв. (Для складів, сертифікованих в даний час).	Для вогнезахисту сталевих конструкцій будь-якої конфігурації, до яких пред'являється вимога межі вогнестійкості до 60 хв. В окремих випадках, при великих значеннях наведеної товщини металу, можливий вогнезахист сталевих конструкцій до 90 хв.
---	---	--	--

3. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ

3.1. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛІ

На рис. 3.1 показана ступінь зниження механічних властивостей будівельної сталі від температури.

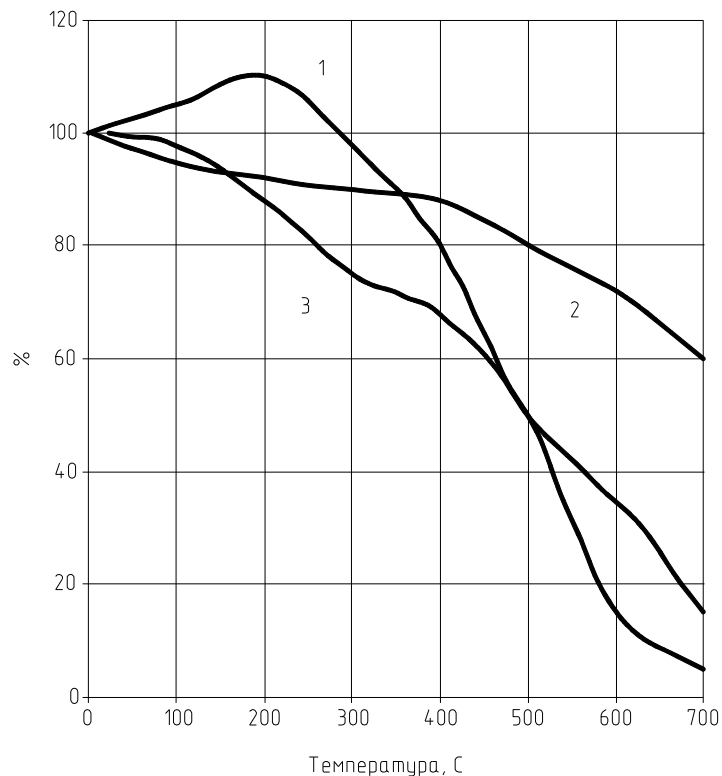


Рис. 3.1. Залежність механічних властивостей будівельної сталі від температури:

1 - тимчасовий опір; 2 - модуль пружності; 3 - межа текучості .

Вогнестійкість сталеві незахищеної конструкції залежить від наведеної товщини металу. Наведена товщина визначається як відношення площі поперечного перерізу елемента сталеві конструкції до обігріваної частини її периметра. Фактично у будівництві застосовуються конструкції з наведеної товщиною не більше 20 мм [2]. Вимоги до меж вогнестійкості будівельних конструкцій наведені в таблиці 4 [1].

Усі механічні характеристики металів істотно змінюються в залежності від температури.

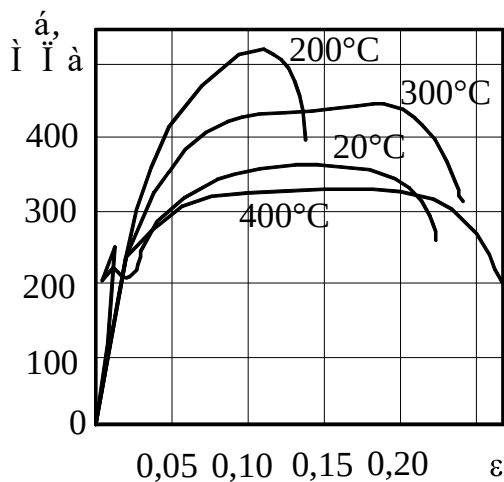


Рис. 3.2 . Діаграми напруг вуглецевої сталі при різних температурах.

На рис. 3.2 наведені діаграми напруг вуглецевої сталі при різних температурах, а на (рис. 3.3)-графіки залежності межі текучості, тимчасового опору і відносного подовження при розриві від температури.

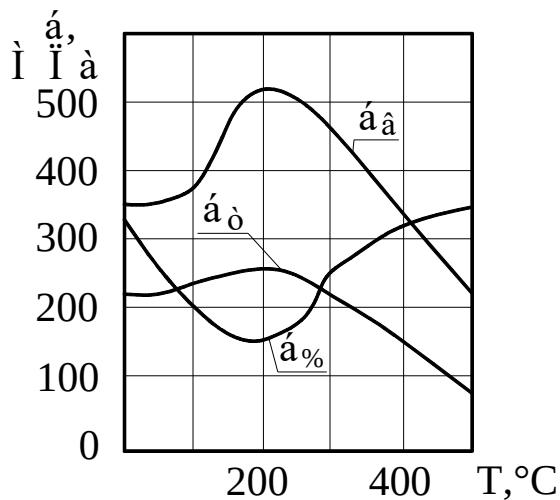


Рис.3.3 Графіки залежності межі текучості, тимчасового опору і відносного подовження при розриві від температури.

В інтервалі температур 150 - 250°C тимчасовий опір досягає найбільшого значення, а відносне подовження після розриву найменшого; сталь, як кажуть, стає "синьоломкою".

При більш високих температурах міцність вуглецевої сталі швидко падає, тому вище 350-400°C таку сталь не застосовують.

При підвищенні температури також істотно зменшується модуль пружності E (рис. 3.4), а коефіцієнт Пуассона зростає. Так, при зростанні температури від кімнатної до 500°C коефіцієнт Пуассона збільшується з 0,28 до 0,33.

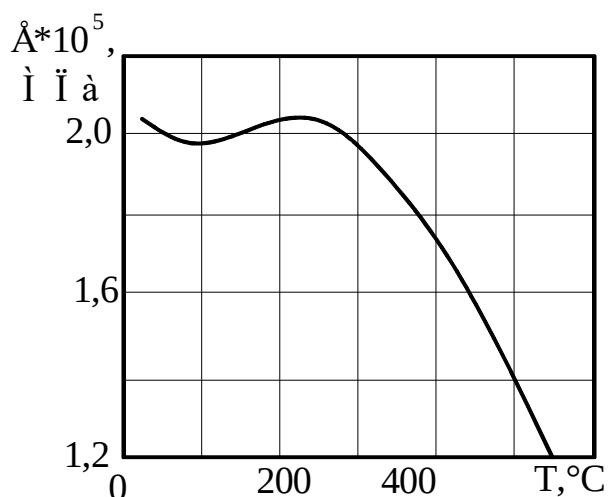


Рис. 3.4 Підвищені температури створюють істотний вплив на такі механічні характеристики конструкційних матеріалів, як повзучість і тривала міцність.

Повзучістю, називають повільне безперервне зростання пластичної (залишкової) деформації під впливом постійних навантажень. Тривалою міцністю, називається залежність руйнуючих напруг (тимчасового опору) від тривалості експлуатації. Властивості повзучості та тривалої міцності виявляються у вуглецевих сталей при $T > 300^\circ\text{C}$, для легованих сталей при $T > 350^\circ\text{C}$, для алюмінієвих сплавів при $T > 100^\circ\text{C}$. Деякі матеріали виявляють ці властивості і при звичайних температурах [17].

Мірою оцінки повзучості матеріалу є межа повзучості - напруга, при якому пластична деформація за певний проміжок часу досягає заданої величини. У деяких випадках опір повзучості оцінюється величиною швидкості

деформації після певного часу. При позначенні межі повзучості вказується величина деформації, час і температура випробувань.

Повзучість супроводжується релаксацією напружень - мимовільним зменшенням напружень з плином часу при незмінній деформації. Швидкість релаксації напружень зростає при підвищенні температури. Мірою швидкості релаксації служить час релаксації - проміжок часу, протягом якого напруга зменшується в порівнянні з початковим значенням в $e = 2,718$ рази.

Міцність матеріалу при підвищених температурах оцінюється межею тривалої міцності - напругою, при якому матеріал руйнується не раніше певного часу. При позначенні межі тривалої міцності зазначається тривалість навантаження та температура випробування.

Вплив підвищених температур на характеристики міцності і пластичності можна простежити на рис. 3.5 та 3.6, де представлені осереднені результати експериментів для 1-вуглецевої сталі, що містить 0,15% вуглецю; 2-0,40% вуглецю, 3-хромистої сталі. Міцність вуглецевих сталей з підвищенням температури до 650-700⁰С знижується майже в десять разів. Найбільш різке зниження спостерігається для алюмінієвих сплавів. Найбільшими значеннями при високих температурах мають литі жароміцні сплави, що містять 70-80% нікелю. Для вуглецевих сталей характерним є погіршення пластичних властивостей (становляться крихкими) при температурах близько 300⁰С (крива 2 на рис. 3.6).

Відзначимо, що у деяких матеріалів (свинцю, бетону, високополімерних матеріалів та ін.) повзучість спостерігається і при нормальній температурі.

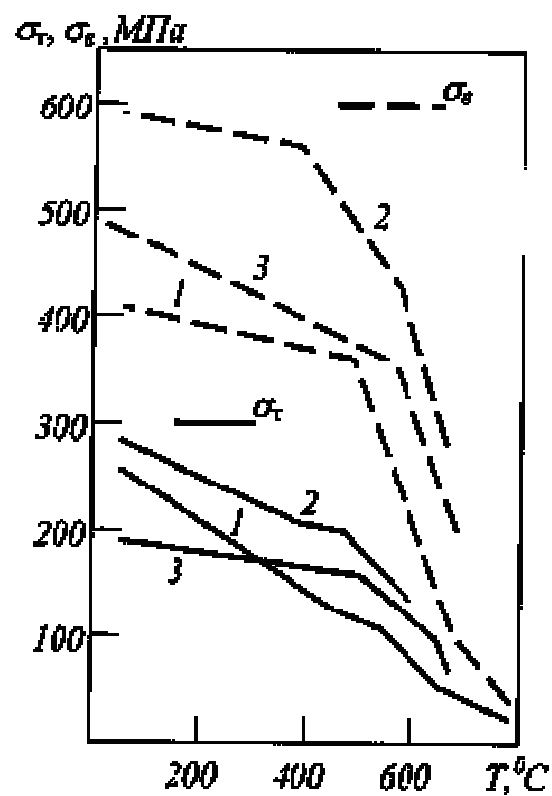


Рис.3.5. Вплив температури на пружні властивості

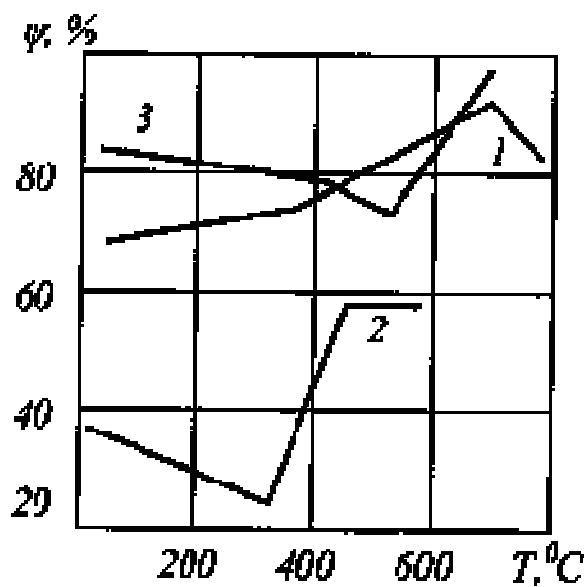


Рис.3.6. Вплив температури на пластичні властивості

3.2 ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУР НА ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ

Температурний коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = \frac{1}{r} \frac{dr}{dT}$ і температурний коефіцієнт модуля пружності $\eta = \frac{1}{E} \frac{dE}{dT}$ пов'язані між собою співвідношенням $\eta + \alpha r = 0$, або $(\eta / \alpha) = -r = \text{const}$, де r та m - постійні, що характеризують параметри кристалічної решітки. На рис. 3.7 наведено залежність безрозмірного модуля пружності E/E_0 деяких конструкційних матеріалів від температури (E_0 - модуль пружності матеріалу при звичайній температурі): 1 - нержавіюча сталь; 2 - алюмінієві сплави, 3 - вуглецеві сталі, 4 - титанові сплави.

Для сталей з підвищенням температури випробувань з 25 до 450°C модулі пружності E і G зменшуються на 20-40%, при цьому, починаючи з 300-400°C спостерігається розбіжність між значеннями модулів, визначеними при статичних і динамічних випробуваннях.

Зміна модулів пружності при малих коливаннях температури (від -50 до +50°C) невелика і нею зазвичай нехтують.

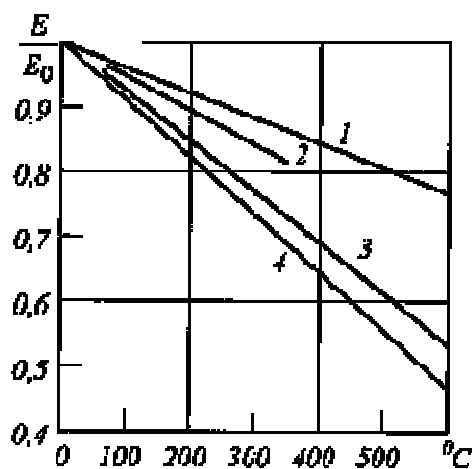


Рис.3.7. Залежність модуля пружності від температури

3.3 ВИСНОВКИ

У випадку пожежі, з підвищенням температури несуча здатність сталевих конструкцій, значно знижується. Практично, після нагрівання до 500°C сталеві конструкції втрачають свою несучу здатність, а при 600-700°C обвалюються під власною вагою.

4. РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ МЕЖ ВОГНЕСТІЙКОСТІ

4.1 СУТНІСТЬ РОЗРАХУНКОВИХ МЕТОДІВ З

ДБН В.1.1-7-2002 «ЗАХИСТ ВІД ПОЖЕЖІ»

Межа вогнестійкості конструкції визначається шляхом розрахунку несучої або теплоізолювальної здатності конструкції під впливом стандартного температурного режиму.

Ознакою втрати несучої здатності слід вважати виникнення в конструкції граничних деформацій, наведених у п 9.1 [20]. Для сталевих конструкцій з вогнезахисним покриттям ознакою втрати несучої здатності слід вважати перевищення середньої температури металевого елемента конструкції над його початковою температурою на 480°C - для сталевих конструкцій, і на 230°C - для конструкцій з алюмінієвих сплавів.

Ознакою втрати теплоізолювальної здатності слід вважати перевищення середньої температури на поверхні конструкції, що не обігрівається, над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140°C або перевищення температури в будь-якій точці поверхні конструкції, що не обігрівається, над початковою температурою в цій точці на 180°C .

Допускається не визначати значення межі вогнестійкості конструкції, обмежуючись перевіркою збереження теплоізолювальної і/або несучої здатності конструкції в момент часу $t_{\text{вим}}$ (від початку вогневого впливу), що дорівнює необхідній межі вогнестійкості.

Якщо за несучою і/або теплоізолювальною здатністю граничний стан не досягається, то слід зазначати, що межа вогнестійкості конструкції не менша за значення $t_{\text{вим}}$, необхідне для даної конструкції під час застосування в будинках певного ступеня вогнестійкості.

Якщо в момент часу $t_{\text{вим}}$ несуча здатність конструкції буде недостатньою для сприйняття прикладеного навантаження або температура поверхні, що не обігрівається, перевищить допустимі значення, то межа вогнестійкості

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

конструкції буде меншою за необхідне для даної конструкції значення і слід вносити зміни до конструкції для підвищення її вогнестійкості.

При оцінці несучої здатності конструкції розподіл навантаження має відповідати розрахунковим схемам, занесеним до технічної документації.

Величину навантаження встановлюють, виходячи з умови створення в розрахункових перерізах конструкції напруг, що відповідають значенням, наведеним у технічній документації.

При визначенні напруг слід враховувати лише розрахункові значення постійних і тимчасових тривалих навантажень.

Види розрахункових методів

Розрізняють два види розрахункових методів:

- методи, засновані на використанні математичних моделей теплового і напруженого станів будівельних конструкцій;
- номограмні методи.

Під час застосування методів, заснованих на використанні математичних моделей, розв'язанням прямої задачі теплопровідності визначають розподіл температури в конструкції в різні моменти часу від початку вогневого впливу. Для оцінки теплоізолювальної здатності цей розподіл визначається на поверхні конструкції. Отримані величини температури порівнюються з їхніми допустимими значеннями.

Для оцінки несучої здатності розподіл температури визначається в перетині або в окремих точках перетину конструкції, після чого обчислюється несуча здатність у різні моменти часу.

При використанні номограмних методів межа вогнестійкості конструкцій визначається за графіками або таблицями, отриманими за результатами випробувань або розрахунковим шляхом.

Математичні моделі

Математична модель - це система рівнянь, що описує тепловий і напружено-деформований стан досліджуваної конструкції.

Математична модель складається з основних рівнянь процесів тепломасообміну і напружено-деформованого стану та рівнянь, що визначають початкові та граничні умови, а також коефіцієнтів, які входять до рівнянь.

У математичній моделі можуть використовуватися рівняння диференційного, інтегрального або змішаного видів.

Моделі, які використовуються, мають бути нестационарними і враховувати радіаційно-конвективний теплообмін у газовому середовищі від джерела теплового впливу до поверхні конструкції, кондуктивний теплообмін у конструкції, радіаційно-конвективний теплообмін від конструкції в навколишнє середовище з поверхні конструкції.

Теплофізичні і механічні характеристики в моделях повинні задаватися у вигляді залежностей від температури, якщо немає обґрунтування для задання цих характеристик у вигляді констант.

Коефіцієнти тепловіддачі і теплового випромінювання, що входять до граничних умов, можуть задаватися у вигляді констант.

Як початкову температуру конструкції і середовища слід приймати 20⁰С, якщо немає обґрунтування для іншої величини.

Рішення математичних моделей може проводитися чисельно, аналітично або шляхом комбінування цих методів.

4.2 СУТНІСТЬ РОЗРАХУНКІВ ЗА ПРОГРАМОЮ RX 2 ПТК «А+Б»

Алгоритм розрахунку

Розрахунок складається з послідовності наступних дій:

- визначення характеристик конструкції;
- визначення характеристик металу;
- статичний розрахунок;
- теплотехнічний розрахунок конструкції без вогнезахисту;

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- теплотехнічний розрахунок конструкції з вогнезахисту;
- визначення витрат і кількості вогнезахисного матеріалу.

Визначення характеристик конструкції

Визначення характеристик конструкції полягає у визначенні розмірів конструкції, вибору схеми обігріву та розрахунку приведеної товщини конструкції, що обігрівається, периметра, площі поперечного перерізу, площі обігріваної поверхні і мінімальних моментів конструкції.

Розміри конструкції можуть бути визначені з вбудованої бази даних сортаменту металоконструкцій або введені як результат обмірів, що ілюструється на рис. 4.1

У програмі передбачено:

- введення обігріваного периметру як результату обміру конструкції;
- введення площі обігріваної поверхні.

Визначення характеристик металу

Фізико-механічні характеристики металу визначаються відповідно до норм [18] як показано на рис. 4.2.

Характеристики конструкции

Название:

☐ Не рассчитывать обогр. периметр

☐ Не рассчитывать обогр. площадь

Длина (L) (м) =

Количество (шт) =

Сортамент:

№ сортамента:

Размеры (мм)

a =

h =

t =

t1 =

Обогрев:

Четырехсторонний

Трехсторонний I

Трехсторонний II

Двухсторонний I

Двухсторонний II

Двухсторонний III

Односторонний I

Односторонний II

Площадь обогреваемой поверхности конструкции (Ap) (м²)

Площадь обогреваемой поверхности всех конструкции (Ark) (м²)

Момент сопротивления сечения по оси x-x (Wx) (м³)

Момент сопротивления сечения по оси y-y (Wy) (м³)

Минимальный момент инерции (J min) (м⁴)

OK Принять Очистить Закрыть

Рис. 4.1 Характеристики конструкції в ПК «RX2»

Физические характеристики металла

Металл: Сталь м. С235 ГОСТ 27772

Плотность (ρ) (кг/м³): 7850

Нормативное сопротивление (R_{yn}) (МПа): 235

Модуль упругости (E) (МПа): 206000

Коэффициент теплопроводности (Вт/м*К): 78-0,048*T

Теплоемкость (C) (Дж/кг*К): 310+0,48*T

Степень черноты (ϵ_0): 0,625

Марки стали заменяемые сталями по ГОСТ 27772

ВСт3кп2, ВСт3кп2-1, 18кп

Принять Заккрыть

Рис.4.2 Фізичні характеристики металу в ПК «RX2».

Теплотехнічні характеристики визначаються відповідно до [19]

Статичний розрахунок

Статичний розрахунок проводиться у відповідності з [19] і призначений для визначення критичної температури прогріву конструкції (рис. 4.3) .

Статический расчет (Приложение к НПБ 236)

Критическая температура прогрева (t_{cr}) (°C): 500

Коэффициенты условий работы при пожаре

γ_t 0,58

γ_s 0,80

☐ Рассчитать критическую температуру прогрева

ОК Принять Очистить Заккрыть

Рис.4.3 Статичний розрахунок у ПК «RX2».

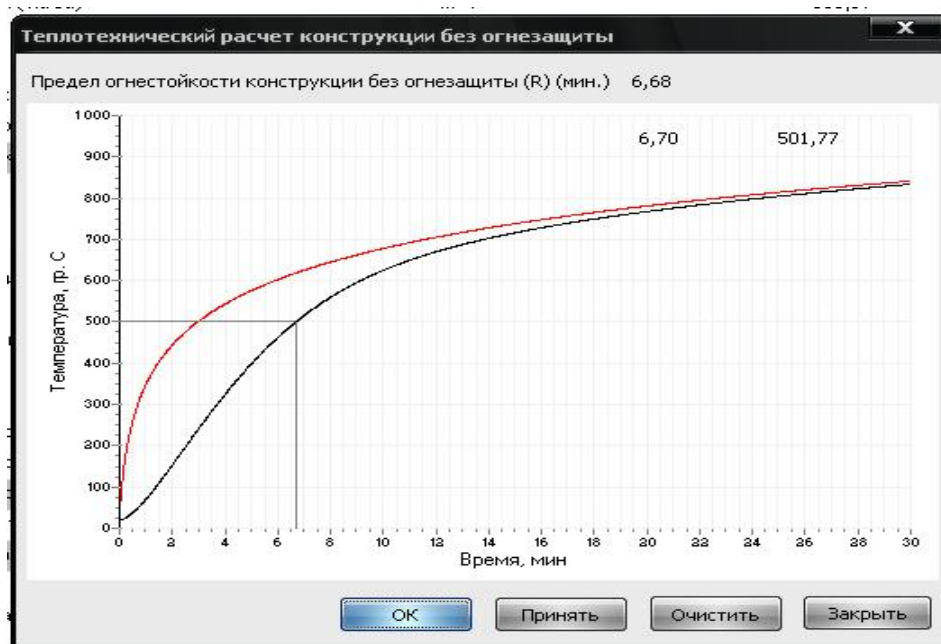


Рис. 4.4 Теплотехнічний розрахунок конструкції без вогнезахисту в ПК «RX2».

У програмі передбачена можливість використання раніше певної критичної температури прогріву.

Теплотехнічний розрахунок конструкції без вогнезахисту.

Теплотехнічний розрахунок проводиться відповідно [19] і призначений для визначення межі вогнестійкості конструкції без вогнезахисту (рис. 4.4).

Верхня крива показує стандартний температурний режим при випробуваннях конструкцій за [1] .

Нижня крива показує наростання температури в перерізі даної конструкції при стандартному температурному режимі .

Створення стандартного температурного режиму здійснюється за нормами [20]

Під час проведення випробування середня температура в печі T_f повинна змінюватися у відповідності зі стандартним температурним режимом, який визначається залежністю:

$$T_s = 345 \lg (8t + 1) + 20 \quad (4.1)$$

де t - час, що відраховується від початку випробування, хв;

T_s - температура, відповідна часу t , °C.

Значення температури T_s розраховані за формулою (4.1), наведені в таблиці 4.1.

- значення температури T_s

Таблиця 4.1. Стандартний температурний режим

Час t , хв	Температура T_s , °C
0	20
5	576
10	678
15	739
30	842
45	902
60	945
90	1006
120	1049
150	1082
180	1110
240	1153
360	1214

Середня температура в печі T_f визначається як середнє арифметичне показань термопар, розташованих у печі. Цей режим можна виразити графічно (рис.4.5).

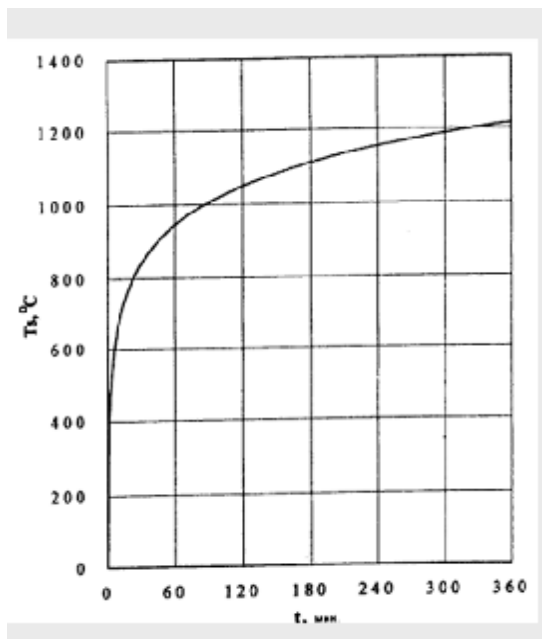


Рис.4.5 Стандартний температурний режим

Теплотехнічний розрахунок конструкції з вогнезахисту

У розрахунок визначається оптимальна товщина вогнезахисного матеріалу, що забезпечує необхідну межу вогнестійкості конструкції по несучій здатності.

Розрахунок проводиться у відповідності з рекомендаціями ENV 13381-4 annex F розділ F.2 при стандартній кривій пожежі з використанням залежності коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу від температури.

Програма дозволяє провести розрахунок товщини вогнезахисного матеріалу при товщині наведеної без вказівки профілю конструкції. Розрахунок проводиться за $T_{cr}=500$ на підставі попереднього розрахунку виробника вогнезахисних матеріалів (рис.4.6).

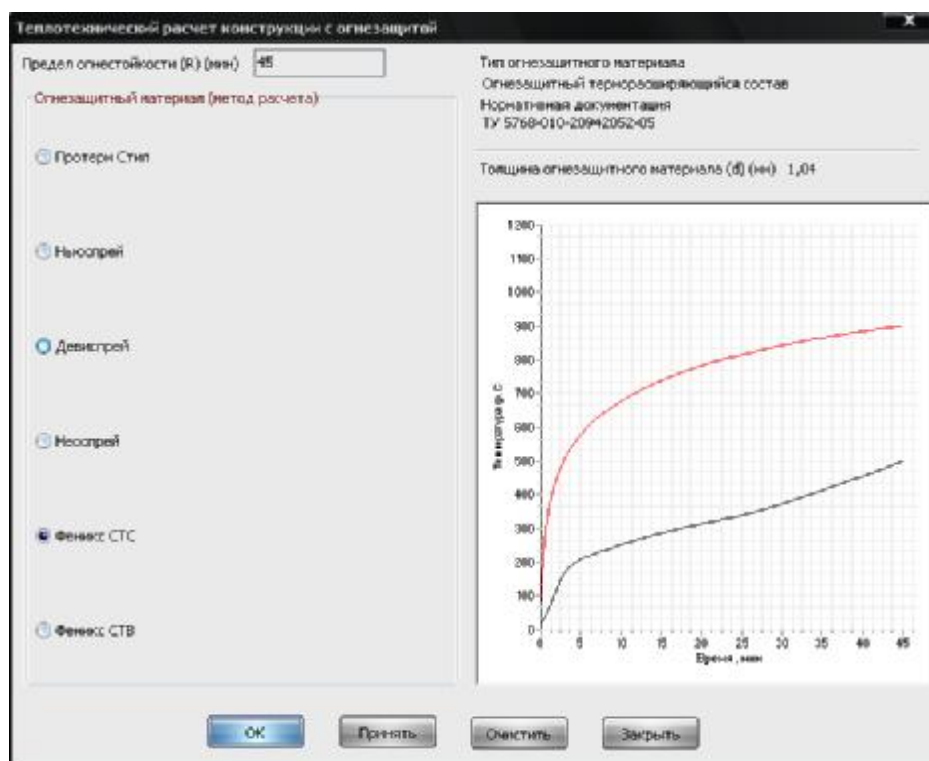


Рис.4.6 Теплотехнічний розрахунок конструкції з вогнезахисту в ПК «RX2»

Визначення витрат і кількості вогнезахисного матеріалу

При розрахунку визначаються вихід вогнезахисного матеріалу необхідного для отримання покриття заданої товщини і кількість вогнезахисного матеріалу з урахуванням % втрат при механізованому нанесенні (рис. 4.7).

Смета

Норматив расхода (кг/м² *мм) Феникс СТС: 1,6

Потери (%): 23,20

Расход на кв. метр (кг/м²): 2,05

☒ Считать Расход на пог. метр (кг/м.п.): 1,00

☒ Считать Расход на тонну конструкции (кг/т): 19,29

Количество материала на одну конструкцию (кг): 5,00

Количество материала на все конструкции (кг): 24,97

Buttons: OK, Принять, Очистить, Закрыть

Рис.4.7 Кошторис в ПК «RX2»

4.3 Розрахунки по вогнезахисту сталевих профілів (незахищених)

За допомогою програми RX 2 була розрахована межа вогнестійкості сталевих конструкцій при різних наведених товщинах.

В якості основних сталевих профілів для розрахунку прийняті:

- двутаври № 10, 18, 24, 33, 45, 60 за ГОСТ 8239;
- швелери № 5, 14, 24, 30 П, 36П, 40П за ГОСТ 8240;
- труби прямокутні з перерізами 50х50х2, 80х80х6, 100х100х9, 200х200х5, 300х300х10, 300х300х14 за ГОСТ 30245.

Таблиця 4.2. Характеристики і розрахунок меж вогнестійкості обраних для дослідження сталевих профілів

Назва	Сортамент	Нагріваний периметр (П) мм	Площа поперечного перерізу (S), мм. кв.	Приведена товщина (tred), мм	Межа вогнестійкості конструкцій без вогнезахисту (R0), хв
Двутавр	10 ГОСТ 8239	411	1470	3,58	7,72
Теж	18 ГОСТ 8239	709,8	2340	3,30	7,40
Теж	24 ГОСТ 8239	928,8	3480	3,75	7,92
Теж	33 ГОСТ 8239	1206	5380	4,46	8,70
Теж	45 ГОСТ 8239	1522	8470	5,57	9,84
Теж	60 ГОСТ 8239	1936	13800	7,13	11,34
Швелер	5 ГОСТ 8240	219,2	616	2,81	6,79
Теж	14 ГОСТ 8240	502,2	1560	3,11	7,15
Теж	24 ГОСТ 8240	828,8	3060	3,69	7,82
Теж	30П ГОСТ 8240	987	4050	4,1	8,28
Теж	36П ГОСТ 8240	1145	5340	4,66	8,88

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Теж	40П ГОСТ 8240	1244	6150	4,94	9,17
Прямокутна труба	50x50x2 ГОСТ 30245	200	390	1,95	5,67
Теж	80x80x6 ГОСТ 30245	320	1780	5,56	9,8
Теж	100/9 ГОСТ 30245	400	3276	8,19	12,24
Теж	200x200x5 ГОСТ 30245	800	3840	4,8	9,03
Теж	300x300x10 ГОСТ 30245	1200	11300	9,42	13,3
Теж	300x300x14 ГОСТ 30245	1200	15500	12,92	16,07

За результатами таблиці 4.2 з залученням програми Microsoft Excel була виведена графічна залежність межі вогнестійкості конструкції від її наведеної товщини, відображена на рис.4.8. із зазначенням її алгебраїчної формули.

Аналіз таблиці 4.2 дозволяє зробити висновок, що всі прийняті для дослідження профілі сталевих конструкцій навіть самі масивні, з наведеною товщиною 12,92 мм, без вогнезахисту не забезпечують необхідних меж вогнестійкості представлених у таблиці 1.1

За даними табл. 4.2. виведена залежність вогнестійкості сталевій конструкції від її наведеної товщини, представлена на рис.4.8

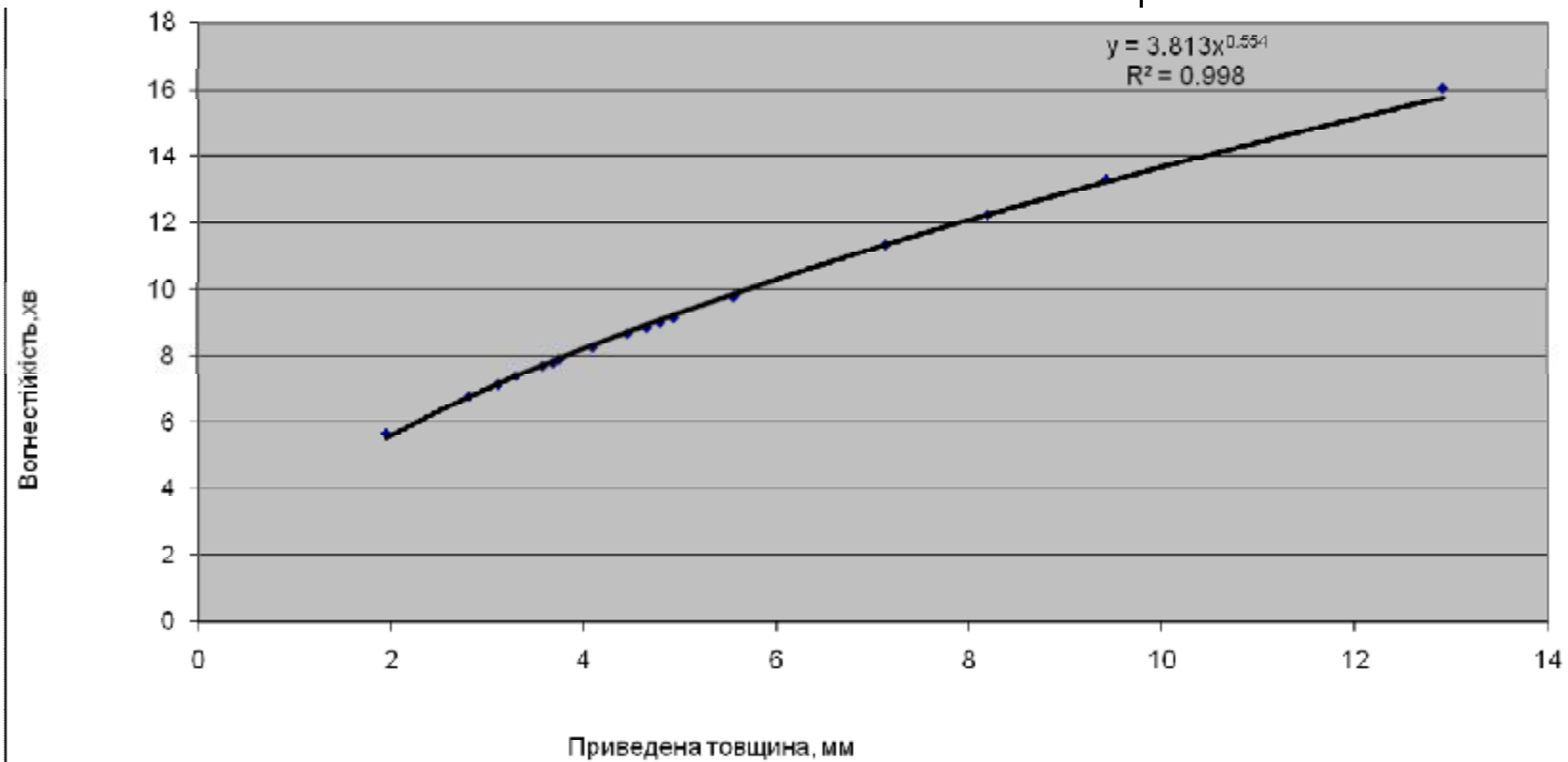


Рис.4.8 Графік залежності межі вогнестійкості сталевій конструкції

4.4 Застосування розрахунків до підвищення меж вогнестійкості сталевих силосів для зберігання зерна

4.4.1 Характеристика конструкції бункера

Об'єктом для дослідження було обрано бункер зерновий з конусним дном виробника GSI International (США) «НСНТ 30» .

Бункери призначені для зберігання зернових культур. Вони забезпечують надійне, тривале зберігання кондиційного (сухого) зерна і тимчасове, з вентиляцією вологого зерна [24].

Таблиця 4.3 конструктивні характеристики бункера.

Марка	Діаметр бункера, D, мм	Кут нахилу хопера, б	Розміри, мм				Об'єм, м ³
			h	H	A	B	
НСНТ 30	9144	40°	от 9020	от 11530	4683	813	от 446
			до 19580	до 22100			до 1132

Конструктивна схема бункера представлена на рис.4.9.

Корпус бункера збирається з гофрованих листів (4), виготовлених з оцинкованої сталі, що забезпечує збільшення міцності всього бункера. Бункери встановлюють на міцні колони з двотаврів 50ДШ1 ГОСТ 26020. Колони посилюються Х-подібними кронштейнами, стандартними високоміцними стрижнями або сталевими розпірками.

Згідно з вимогами нормативної проектної документації [24], у сталевих колонах під стіни силосів повинен бути передбачений вогнезахист, що забезпечує границю вогнестійкості цих конструкцій не менше 0,75 год. Згідно з розрахунковими даними на рис. 4.8. впливає, що гранична вогнестійкість даних колон без вогнезахисту не більше 13 хв.

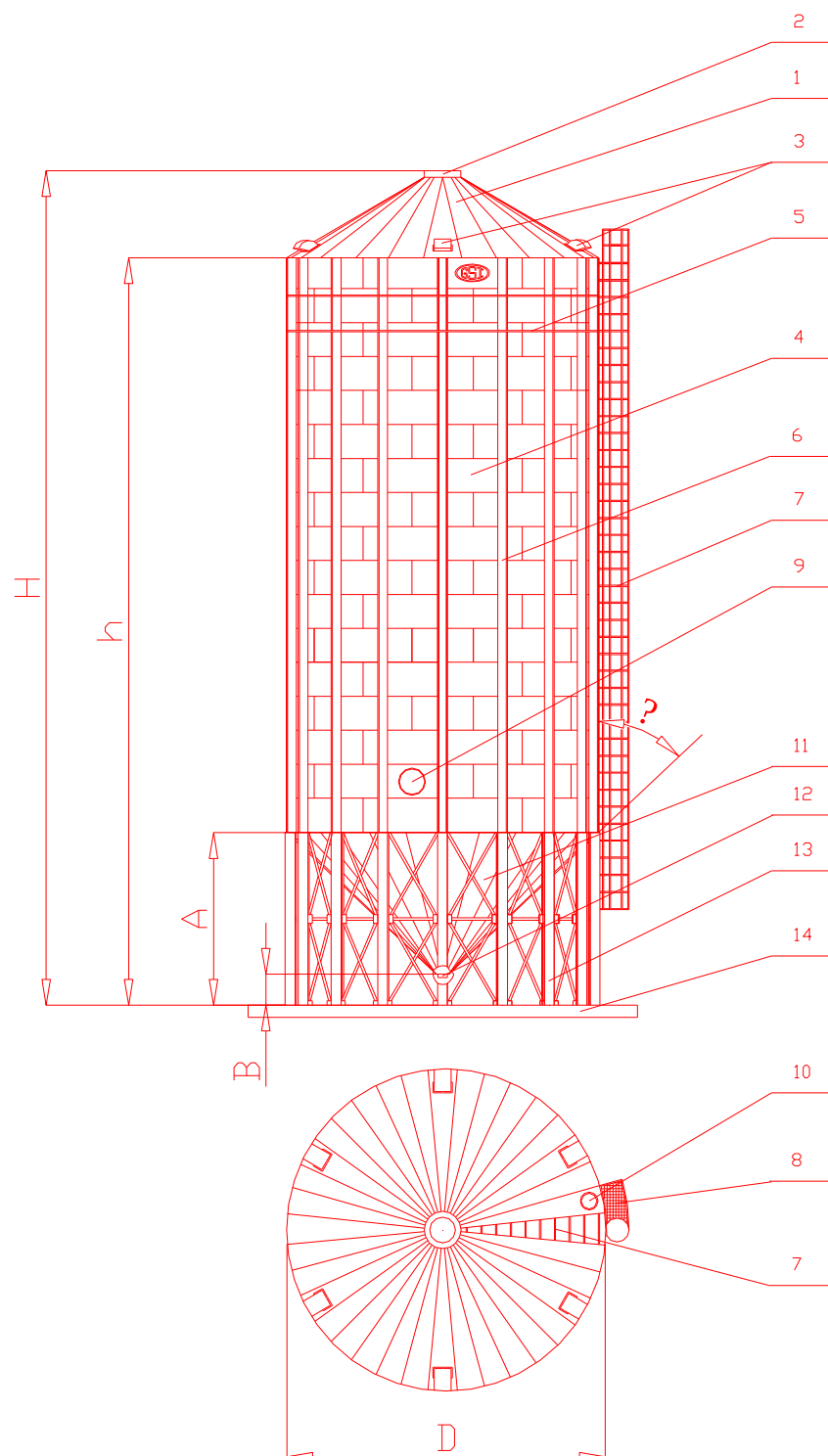


Рис.4.9 Бункер хопперний марки НСНТ.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДЕСВ 179 ПЗ

Лист

54

Завантаження бункера даного типу здійснюється через отвір (2) в даху (1) бункера. Дах бункера представляє собою просторову конструкцію, зібрану з ребер жорсткості і листів перекриття. Сектора даху виготовляються з оцинкованої сталі. Бункери обладнані вентиляційними отворами (3), через які виходить вологе повітря.

Вентиляції бувають двох видів:

а) навісні кожухи (оснащені вертикально встановленої сталевий ґратами з крупними комірками);

б) автоматичні кожухи (зменшують можливість засмічення і забезпечують вільний потік повітря через демпфер при роботі вентиляторів).

Також на даху є люк доступу (10), який оснащений шарнірною кришкою.

На більш високих бункерах або в умовах великої вітрового навантаження встановлюються вітрові кільця (5), що прикріплюються до елементів

жорсткості (6). Міцність бункера збільшується за рахунок вертикальних елементів жорсткості. Елементи жорсткості можуть, встановлюються усередині або зовні бункера. Кожен бункер комплектується міцними вертикальними сходами (7). Для забезпечення зручного доступу в бункер і інспекції даху, встановлена верхня платформа (8). Платформа виготовлена з оцинкованої сталі. На всіх бункерах встановлюються на другому рівні кільце бічна дверцята доступу (9). Подвійні двері створюють герметичність внутрішньої дверцяти, що забезпечує надійне зберігання



Рис.4.10. Ручна заслінка

зерна. Люки і дверці дозволяють здійснювати обслуговування, очищення і ремонт конструкцій, і устаткування бункера. Днище бункера (хопперная воронка) (11) з кутом нахилу 40° і 45° зазвичай використовуються для збері-

гання сухого зерна. Хоппер з кутом 60° часто застосовується для зберігання вологого зерна. Вивантаження зерна з бункера відбувається самопливом через лійку (12), де самоплив зерна регулюється заслінкою см. (рис.4.10). Бункери встановлюють на міцні колони (13). Залежно від розміру бункера, виду матеріалу, вітрових умов навантаження, колони посилюються Х-подібними кронштейнами, стандартними високоміцними стрижнями або сталевими розпірками. Фундамент (14) під бункер, виготовляється з монолітного бетону з використанням спеціальних форм (опалубки) безпосередньо на будівельному майданчику.

Для забезпечення межі вогнестійкості сталевих конструкцій бункера 45 хв, можливе застосування одного з шести варіантів вогнезахисних складів, наведених у таблиці 4.4, для чого необхідно оптимізувати ці склади за економічними показниками.

4.4.2. Застосування сучасних вогнезахисних складів

За програмою RX2 розраховані кількісні показники складів, які наведені в табл. 4.4.

4.5. Висновки

Межа вогнестійкості сталевих конструкцій визначається шляхом розрахунку її несучої здатності під впливом стандартного температурного режиму.

Ознакою втрати несучої здатності слід вважати виникнення в конструкції граничних деформацій, для сталевих конструкцій з вогнезахисним покриттям ознакою втрати несучої здатності слід вважати перевищення середньої температури металевих елементів конструкції над його початковою температурою на 480 °С.

За допомогою програми RX 2 була розрахована межа вогнестійкості сталевих конструкцій при різних наведених товщинах. Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що всі прийняті для дослідження профілі сталевих конструкцій навіть самі масивні без вогнезахисту не забезпечують необхідних меж вогнестійкості.

Для забезпечення граничного стану конструкції R = 45 хв згідно з цією програмою найбільш представницькими виявилися 6 типів захисних терморозширюючих складів вітчизняного і зарубіжного виробництва.

5. Оптимізація вогнезахисних складів за економічними показниками

Сьогодні, у практиці вогнезахисту, існує один підхід до визначення цього показника - це ціна. Вже давно ніхто не оперує поняттям «ціна одного кілограма» вогнезахисного складу. Тому треба вміти працювати з показником «ціна рішення», вкладаючи в нього і вартість матеріалу, і витрата на квадратний метр поверхні, і затрати на роботу з нанесення, і довговічність отриманого покриття. За оцінками фахівців, вартість вогнезахисту, що забезпечує межа вогнестійкості сталевих конструкцій в 45 хв., становить близько 15% вартості конструкцій, а межа вогнестійкості в 120 хв - близько 30% їх вартості.

Для оптимізації варіантів вогнезахисних покриттів в якості економічних критеріїв прийняті витрата покриття на 1 квадратний метр сталевих конструкцій і вартість матеріалу в цінах за станом на 1.04.2009 р. на будівельному ринку України.

За усіма нормами конкретний вибір типу та засобів вогнезахисту повинен здійснюватися відповідно до технічного проекту, а також на основі техніко-економічного аналізу з урахуванням відповідності заданої межі вогнестійкості конструкції вимогам пожежної безпеки. Іншими словами, власник при визначенні оптимальних для себе параметрів вогнезахисного процесу має довіритися інформації, яка міститься у різного роду технічній та дозвільній документації. Засоби вогнезахисту - це такий товар, якість якого не визначиш ні візуально, ні органолептично, ні самими передовими методами фізико-хімічного аналізу. Не викликає сумніву, що сутність усього вогнезахисного процесу є вдалий вибір засобу вогнезахисту, тобто - вогнезахисного складу, який у разі виникнення пожежі виконає своє призначення: запобіжить горінню і розповсюдженню вогню, локалізує його, врятує конструкцію від деформації, а саму будівлю від обвалення і інших неприємних наслідків. Оскільки в рамках даної роботи неможливо обговорити все різноманіття вог-

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

незахисних складів, пропонованих українському споживачеві, то основну увагу ми приділимо найбільш споживаним тонкошаровим складам інтумесцентної дії (основні представники цієї групи перераховані вище).

Світовий досвід свідчить про те, що в даний час за сукупністю співвідношення «ціна-якість» найбільш ефективним засобом від пожеж є тонкошарові покриття інтумесцентного (спучуючого) типу, які впевнено захищають сталеву конструкцію від руйнування протягом 1 години. В Україні добре відомі ряд фарб такого типу: західноєвропейські - «Unitherm», «Pyro-safe Flammoplast», «Hensotherm», російські - «Протерм Стіл», «Фенікс», вітчизняні - «Ендотерм». Для впевненого забезпечення межі вогнестійкості конструкцій більше 1 години в нашій країні масштабно застосовуються вогнезахисні штукатурні суміші «Ендотерм» і «Ньюспрей» [25].

Ефективність засобів вогнезахисту визначається самим головним критерієм - межею вогнестійкості. В Україні загальні вимоги до методів випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість встановлені державним стандартом [20]. У ньому враховані основні положення чинних нормативних документів, вимоги та рекомендації Міжнародного стандарту ISO 834-75 та Європейського стандарту EN YYY1-1, а також стандартів Німеччини DIN 4102 і Польщі PrPN-B-02851. Тому слід очікувати, що показники межі вогнестійкості однотипних сталевих конструкцій (ідентичних по конфігурації і наведеної товщині металу) не повинні суттєво відрізнятися при визначенні їх в Україні, Росії та країнах Європи. Однак на практиці межі вогнестійкості конструкції, які забезпечує один і той же вогнезахисний склад, за даними сертифікатів, виданих у різних країнах, можуть сильно відрізнятися.

Таблиця 5.1. Середні показники товщини вогнезахисного покриття (d, мм) які забезпечують відповідну межу вогнестійкості металоконструкції (R, хв) * з наведеною товщиною металу 3,4 мм-1.

№	Країна - виробник	R30	R45	R60	Кількість розчинів, які розглядались
1	Європа	0,9	1,6	2,4	15
2	Україна	0,8	1,5	2,1	3
3	Росія	0,6	1,1	1,4	16

* а даними сертифікатів відповідності країн-виробників

В якості порівняльних варіантів вибрані наступні типи вогнезахисних покриттів:

- **Фенікс СТВ** - Вогнезахисна терморозширююча суміш, є ефективною для вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій при дії теплового потоку і полум'я;

- **Фенікс СТС** - Вогнезахисна терморозширююча суміш на органічній основі є ефективною для вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій при дії теплового потоку і полум'я. Склад білого кольору;

- **Ендотерм 400202** - являє собою однокомпонентну, готову до застосування водно-дисперсійну фарбу спучуючого типу білого кольору;

- **Унікум** - являє собою водорозчинну протипожежну фарбу, що спучується в ізолюючий пінистий шар при високих температурах;

- **Ендотерм ХТ-150** - відноситься до покриттів спучуючого типу, що утворює під впливом високих температур або відкритого полум'я міцний високопористий спучений шар піни з низькою теплопровідністю, що перешкоджає підводу тепла до захищеної. Поставляється у вигляді двох компонентів - розчину органічного зв'язуючого в сольвент і суміші твердих антипіренів, спучуючих добавок і мінеральних наповнювачів.

- **Nullfire s707-60** - на водній основі являє собою тонку спучуючу плівку білого кольору .

Загальна вартість вогнезахисного складу розраховується за формулою:

$$C = C_m \times n_m$$

C_m - вартість 1кг складу, грн; n - витрата матеріалу на 1м² поверхні конструкції, кг.

Розрахунки зведені в таблицю 6.2

Таблиця 6.2 Вартості вогнезахисних покриттів.

№	Найменування складу	Витрати на 1м ² , кг	Ціна 1кг, грн	Вартість покриття 1м ² , грн
1	Фенікс СТВ	0,69	58	40,02
2	Фенікс СТС	0,57	63	35,91
3	Ендотерм 400202	1,3	38	49,40
4	Унікум	1,3	41	53,30
5	Ендотерм ХТ-150	2,2	35	77,00
6	Nullfire s707-60	1,28	58	74,24

5.1 Висновки

За економічним критерієм найбільш представницьким варіантом при практично рівнозначних технічних показниках є "Фенікс СТС".

Загальні висновки

Сталеві конструкції широко застосовують при зведенні висотних будівель в якості колон, несучих елементів покриттів, каркасів. Ці конструкції відповідають завданням технічного прогресу: вони надійні, володіють високими характеристиками міцності, забезпечують високі темпи виготовлення і зведення, завдяки високій міцності вони економічні по витраті матеріалу, транспортабельні і довговічні. Зі зростанням будівництва значно збільшується споживання сталі у цій сфері.

Сталеві конструкції не поширюють вогонь, а їх граничний стан визначається показником R , який характеризується часом у хвилинах від початку вогневих випробувань, за стандартним температурним режимом, до досягнення критичної температури $t_{кр} = 500^{\circ} \text{C}$.

У результаті теоретичних досліджень і аналізу основних способів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій, встановлено їх технічні та економічні переваги і недоліки, а також рекомендовані області застосування.

У разі пожежі, з підвищенням температури несуча здатність сталевих конструкцій, значно знижується. Практично, після нагрівання 500°C сталеві конструкції втрачають свою несучу здатність, а при $600-700$ обриваються під власною вагою.

Межа вогнестійкості сталевих конструкцій визначається шляхом розрахунку її несучої здатності під впливом стандартного температурного режиму.

Для сталевих конструкцій з вогнезахисним покриттям ознакою втрати несучої здатності слід вважати перевищення середньої температури металевих елементів конструкції над його початковою температурою на 480°C .

Для дослідження був прийнятий вологий спосіб захисту з терморозширюючого складу.

За допомогою програми RX 2 була розрахована межа вогнестійкості сталевих конструкцій при різних наведених товщинах. Аналіз результатів до-

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

зволяє зробити висновок, що всі прийняті для дослідження профілі сталевих конструкцій навіть самі масивні без вогнезахисту не забезпечують необхідних меж вогнестійкості.

За економічним критерієм найбільш представницьким варіантом при практично рівнозначних технічних показниках є Фенікс СТС.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						64
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Список літератури

1. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. Абрамов О.О. Вогнезахист металевих конструкцій. Застосування. Оцінка ефективності. // Бізнес і безпека, -2005 .- № 2-С.
3. Єршоміна Т.Ю. Зниження пожежної небезпеки будівельних конструкцій і матеріалів за рахунок застосування ефективних вогнезахисних засобів: Дис. доктора техн. наук .- 05.26.03-М.: 2004 .- 328 с. Ун, 71:05-5 / 366.
4. Голованов В.І. Прогнозування вогнестійкості сталевих конструкцій з вогнезахист: автореферат дис. доктора технічних наук .- 05.26.03-М.: 2008 .- 48с.
5. Яковлев А.І. Гіпсокартонні листи - вогнезахисна облицювання несучих металевих конструкцій виробничих будівель і споруд / / Промислове будівництво, - 1984. - № 1. - 29-32С.
6. Павлов В.В., Пехотіков А.В. Вогнестійкість багатопустотних залізобетонних перекриттів з різними видами вогнезахисту / / Пожежна безпека, - 1999. - № 2. - С. 57-66
7. Страхов В.П., Крутов А.М. Розробка композиційної вогнезахисту підвищеної ефективності з термостійких базальтоволокнистих матеріалів і водомістких потягів // Пожежовибухобезпека, -1999. - № 2. - С. 13-24.
8. Г. В. Гетун. Основи проектування промислових будівель, К. "Кондор",-2003.-208с.
9. ЦНДІБК ім. Кучеренко, Посібник з визначення вогнестійкості конструкцій .- М.: Стройиздат.,-1985.-30с.
10. Рекомендації щодо застосування вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій. - М.: "Москва Стройиздат", - 1984. - 16с.
11. СНІП 2.03.11-85. Захист будівельних конструкцій від корозії.
12. ГОСТ 6727-80. Дріт з низьковуглецевої сталі холоднотягнутий для армування залізобетонних конструкцій.

13. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій.
14. НПБ 236-97. Вогнезахисні суміші для сталевих конструкцій та загальні вимоги. Методи визначення вогнезахисної ефективності.
15. ГОСТ 30247.0-94. Конструкції будівельні. Метод випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги.
16. ВСК-04-2001. Методика випробувань з визначення коефіцієнта спучування вогнезахисних покриттів і матеріалів.
17. Писаренко Г.С. Опір матеріалів, - К.: "Вища школа", - 1986.-786с.
18. СНиП II-23-81 *. Сталеві конструкції.
19. НПБ 236-97. Рекомендації з розробки проектної документації вогнезахисту сталевих конструкцій.
20. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Будівельні конструкції, методи випробування на вогнестійкість.
21. ГОСТ 8239-89. Двотаври сталеві гарячекатані.
22. ДСТУ 3436-96. Швелери сталеві гарячекатані.
23. ДСТУ Б В.2.6-8-95. Конструкції будинків і споруд.
24. ДБН В.2.2-8-98. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню і переробці зерна.
25. Сімакова А. А. Захист металоконструкцій / / Вогнезахист.-2008 .- № 3-40-44 с.
26. ДСТУ БВ.1.1-9: 2003. Підвісні стелі. Метод випробування на вогнестійкість.
27. СТ СЕВ 446-77. Протипожежні норми будівельного проектування.
28. Hudz Serhii. Plastic bearing capacity of the steel element cross-section by internal forces combination and restraint / Hudz Serhii, Gasii Grygorii, Hasenko Anton, Dariienko Viktor // 36. наук. праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (53). – Полтава: ПолтНТУ, 2019. –

С. 73 – 78. (Фаховий, категорія Б)

<http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/handle/PoltNTU/8443>

29. Гудзь С.А., Гасій Г.М., Дарієнко В.В. Розвинена модель розрахунку сталевих розкріплених елементів на стійкість при сумісній дії поперечного згину та кручення. Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини: Збірник наукових праць / – Одеса: ОДАБА, 2020. – вип. 24 –с43-52. (Фаховий, категорія Б) doi:10.31650/2707-3068-2020-24-43-52

30. Кислун О.А. ІТ в процесах створення та експлуатації об’єктів будівництва / Кислун О.А., Пархоменко Ю.М., Скриннік І.О., Дарієнко В.В. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). с. 218-225. (Фаховий, категорія Б)
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10456>

31. Пашинський В.А. Використання монолітного пінобетону для зведення енергоефективних будівель / Пашинський В.А., Настоящий В.А., Дарієнко В.В., Портнов Г.Д., Томаченко Є.О. // Будівельне виробництво. Київ: НДІБ, 2020. №69. - С. 54-57 (Фаховий, категорія Б)
<https://doi.org/10.36750/252412555.69.54157>

32. O.V. Semko Architectural and constructive decisions of a triangular reinforced concrete arch with a self-stressed steel brace O.V. Semko, A.V. Hasenko, O.G. Fenko, J Godwin Emmanuel, V.V. Dariienko / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). с. 209-217. (Фаховий, категорія Б)
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10455>

33. Портнов Г.Д. Вплив форми кованого однорогого гака на його ефективність / Портнов Г.Д., Тихий А.А., Дарієнко В.В., Пукалов В.В. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35).

с. 127-133. (Фаховий, категорія Б) DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).127-133](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).127-133)

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додатки

Додаток А

Охорона праці

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						71
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

ОХОРОНА ПРАЦІ

1.1 Виробнича санітарія

Потреба будівництва в адміністративних і саніторно-побутових будинках визначається з чисельного персоналу за графіком руху робочої сили. Відповідно до нормативних показників для визначення площ санітарно-побутових, адміністративних і виробничих приміщень. Був зроблений їхній розрахунок, що робиться в розділі “технологія і організація будівництва”, у главі “ розрахунок тимчасових адміністративно-побутових будинків”. При проектуванні і розміщенні засобів санітарно-побутового забезпечення працюючих приймаються до уваги вимоги: ГОСТ 22853–77, СНіП II–92–76, СН276–74, гігієнічні вимоги до пристрою й устаткування приміщень ГОСТ 12.1.004–80, ГОСТ 12.1.013–78.

Розрахунок тимчасового водопроводу для побутових і пожежних нестатків був здійснений у главі “розрахунок потреби у воді для нестатків у будівництві”. При проектуванні тимчасового водопроводу врівнювалася потреба у питній воді за ДСТ 2774–73, були обрані джерела, намічена схема розрахунку і діаметр трубопроводу, прив’язана траса на будгенплані.

Потреба будівництва в електроенергії помічені в главі “ розрахунки потреби будплощадці в електроенергії”. Особлива увага звернена на необхідність достатнього штучного висвітлення.

При цьому враховуються вимоги:

- 1) забезпечення достатньої видимості на робочих місцях і рівномірному висвітленні будівельного майданчика;
- 2) виключення сліпучої дії джерела висвітлення;
- 3) використання електроустаткування.

Система висвітлення будуючої площадки була обрана відповідно до норм СН 81–80 “ проектування висвітлення будівельних майданчиків”, ДЕСТ 12.1.01.13–78, ДЕСТ 12.1.004–80. Схема розміщення прожекторів ПЗС–35 із лампами 500 Вт на напругу 220 В показано у будівельному генеральному плані.

Боротьба з виробничими шкідливостями (шуми, вібрація, пилю, газу)

Джерелами вібрації в першу чергу можуть бути глибинні вібратори, використовувані для ущільнення бетонної суміші. Для захисту від шкідливої дії вібрації знижується її вплив на організм людини. Для безпечної роботи винос робочого місця в зони конструкції, що передає вібрацію, вібраторів із застосування амортизаторів, використання матеріалів, що вібропоглинають, на віброуючих поверхнях.

Санітарними нормами забороняється працювати з вібраторами і віброінструментами більше 2/3 тривалості робочої зміни. Передбачається 10...15 хв перерви через щогодини роботи. Робітники повинні щорічно проходити медичний огляд. Молодь віком 19 років до вібраторів не допускається.

Для боротьби з виробничими шумами використовують індивідуальні навушники типу ВЦИИНОТ–74.

Боротьба з пилом, та шкідливими газами використовують індивідуальні засоби захисту: респіратори, протигази, марлеві пов'язки.

1.2 Техніка безпеки

Посилання на СНіП III–4–80” Техніка безпеки в будівництві”. Перед початком будівельно-монтажних робіт замовник і генеральний підрядчик із залученням супідрядних організацій повинні оформити акт запуск.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		73

Всі особи які знаходяться на будівельній площадці зобов'язані носити захисні каски за ГОСТ 12.4.087–80.

Робітники та інженерно-технічні працівники без захисних касок, а також без спецодягу, спецвзуття й інших необхідних засобів індивідуального захисту до виконання робіт не допускається.

Робітники можуть бути допущені до роботи тільки після проходження вступного (загального) інструктажу з техніки безпеки безпосередньо на робочому місці, що повинен робитись також при кожному переході на іншу роботу або зміну умов роботи. Проведення інструктажу оформляється документами.

Безпечні методи

Організація будплощадки, ділянок робіт і робочих місць повинна забезпечуватись безпекою праці працюючих на всіх етапах виконання робіт. Будівельний майданчик що уникнути доступу сторонніх осіб повинен бути огорожений. Конструкція огороження повинна бути задоволена, вимогами ГОСТ 23407–78. Огороження що примикають в місці масового проходу людей, необхідно обладнати спеціальними захисними козирками. У в'їзду на будплощадки повинна бути встановлена схема руху транспортних засобів, а на узбіччах доріг і прїздів добре видимі дорожні знаки, що регулюють порядок руху транспортних засобів, відповідно до правил дорожнього руху України.

Швидкість руху автотранспорту по близу місця виробництва робіт не повинно перевищувати 10 км/час на прямих ділянках, і 5 км/час на поворотах.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						74
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Земляні роботи

Грунт витягнутий з траншей варто розміщати на відстані не менше 0.5м від брівки виємки.

У грунтах природньої вологості з непорушеною структурою при відсутності ґрунтових вод і розташованих по близькості підземних споруджень риття траншей здійснюється з вертикальними стінками без застосування на глибині не більш :1м . У пісках: 1,25м, у супісках; 1,5м, суглинках; 2м особливо в щільних грунтах.

Виробництво підземних робіт у зоні дій підземних комунікацій здійснюються під наглядом виконроба або майстра.

Робота з інструментами

До роботи з пневматичними інструментами допускаються особи, що пройшли виробниче навчання. Забороняється працювати з механізованими інструментами з преставних сход.

Не допускається робота на абразивних колах, що не мають захисного кожуху і захищеного екрана. На ручних інструментах ударної дії не допускається задирки і гострі ребра на бічних гранях в місцях затиску їх рукою.

Електрозварювальні роботи

Металеві частини електрозварювальних установок, в нормальному стані які знаходяться не під напругою повинні бути заземлені.

Зварювання повинно робитися із застосуванням двох проводів. В якості заземлення можна використовувати сталеві шини будь-якого профілю, зварювальну плитку, стелажі і саму зварювальну конструкцію.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						75
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Забороняється використовувати в якості заземлення труби сантехнічних мереж, технологічне устаткування.

Ліси, підмости й інші засоби підмоцнення

Всі основні елементи лісів повинні розраховуватися на міцність а ліси в цілому на усталеність.

Ширина настилу на лісах і підмостках допускається не менше 2м. для кам'яних , 1,5м. для штукатурних і 1м. для малярних і монтажних робіт.

Висота проходів на лісах повинна бути у світлі не менше 1,8м.

Зазор між стіною будинку і робочого настилу встановлених біля нього, відстань яких не перевищує 50мм при кам'яній кладці, при опоряджувальних роботах 150мм.

Настили лісів, підмости і драбин розташовані на висоті 1,1м від рівня землі або перекриття, повинні бути огорожені бильцями висотою не менше 1м., що перебуває з одного зовнішнього, проміжного горизонтального елемента і бортової дошки висотою не менше 150мм. Що огорожуються і розраховуються на горизонтальне зосереджене навантаження в середині прольоту.

Трубчасті металеві ліси необхідно забезпечити грохозахистом і пристроями, що заземлюються.

Покрівельні роботи

При виконанні робіт на покрівлі робітники повинні бути забезпечені захисним поясом і взуттям, що не ковзає.

Допуск робітників до виконання покрівельних робіт дозволяється після огляду виконробом несправності несучих конструкцій даху й огорожень.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						76
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розміщати на даху матеріали допускається тільки в місцях передбачених проектом, з вживанням заходів проти їх падіння.

Під час перерв у роботі технологія пристосування, інструменти й матеріали повинні бути прибрані або закріплені на даху.

Не допускається виконання покрівельних робіт під час ожеледі, тумана виключаючого видимість у мережах фронту робіт, грози і вітру швидкість котрого 15м/с і більш.

Забороняється скидати з покрівлі матеріали і інструменти.

Опоряджувальні роботи

Засоби підмазування застосовуються для штукатурних або малярних робіт, у місцях під який ведутьбся інші роботи або мережа проході, повинні мати частини без зазорів.

Тару з вибуховими матеріалами (лаку, нітрофарби і т. д.) під час перерв у роботі варто закривати пробками або кришками і відчиняти інструментом виключим іскроутворювання.

При виконанні малярних робіт із застосуванням складів, що містять шкідливі речовини слід дотримуватися санітарні правила при фарбувальних роботах із застосуванням ручних розпилювачів.

Місця під якими виконуються скляні роботи, необхідно огороджувати. До початку скляних робіт слід візуально перевірити міцність і справність віконних плетінь.

1.3 Пожежна безпека.

По експлуатаційним вимогах капітальності і ступеня вогнестійкості будинок відноситься до другого класу.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						77
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

По протипожежних нормах і правилах на будівельному майданчику, що знаходиться на відстані більш 200 м від природних вододжерел, варто провести пожежний водопровід.

Видалення пожежних гідрантів повинне бути не більш 2м від дороги; не менш 5.6 м від дороги.

Відстань між гідрантами повинне бути від 50 до 100 м.

Об'єкт будівництва забезпечується протипожежним інвентарем, первинними засобами пожежегасіння.

Відповідальність за протипожежну безпеку на будівництві об'єкта, а також за дотримання протипожежних вимог, наявність і справний зміст засобів пожежегасіння несе персонально начальник будівництва. Контроль за дотриманням вимог пожежної безпеки покладається на генпідрядника.

Місця смітника деревних відходів повинні бути розташовані на відстані не менш 50 м від найближчих будинків і границь складу лісоматеріалів.

Курити допускається тільки в спеціально відведених місцях, забезпечених засобами пожежегасіння.

Фарби, розчинники й інші пальні рідини необхідно зберігати в неспалених спорудженнях і в закритій тарі. Олія оліфу зберігати окремо від волокнистих речовин і матеріалів.

Казани для варіння і розігріву бітумних мастик повинні мати щільно закриваються кришки з неспалених матеріалів. Заповнювати казани впливає не більше ніж на $\frac{3}{4}$ їхньої ємності. Пожежні щити необхідно встановлювати повсюдно в будівельного об'єкта, тимчасових адміністративно-побутових і складських приміщень.

Для забезпечення пожежної безпеки зведення будівлі, будгенпланом передбачено встановлення на будівельному майданчику двох пожежних гідрантів (див. будгенплан даної пояснювальної записки). Крім того будгенпланом передбачено устрій тимчасових пожежних щитів.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						78
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

На період експлуатації будівлі повинні бути передбачені постійні пожежні гідранти, розташовані в середині будівлі, або в зв'язку з не розробкою питань водопостачання будівлі місця установки гідрантів не показані. Загальномайданчиковим генпланом передбачено устрій двох пожежних резервуарів заглибленого типу місткістю по 20 м³ кожний.

1.4 Експлуатація електричних установок.

У процесі експлуатації електроустановок нерідко виникають умови при який навіть найсучасніше устаткування не забезпечує безпеки працюючого і вимагає застосування спеціальних захисних засобів.

Безпека обслуговування електроустановок будівельних майданчиків забезпечується в основному так:

- 1) підтримка необхідного стану ізоляції у всіх її елементах, а в окремих випадках застосування підвищеної ізоляції, зокрема застосування подвійної ізоляції; дотримання відповідних безпечних розривів до струмоведучих частин;
- 2) забезпечення неприступності електричних мереж;
- 3) використання ізолюючих основ, виконання корпусів електроустаткування з ізоляційних матеріалів; застосування пристроїв, розрахованих на харчування від мереж напругою 42 В и нижче; блокування апаратів пуску для запобігання помилкових включень електроустановок; заземлення корпусів електроустаткування й елементів електроустановок, що можуть виявитися під напругою; застосування поділяючих трансформаторів.

Одним з важливих елементів забезпечення електробезпечності в будівництві є своєчасне і технічно грамотне виконання проекту провадження робіт, зокрема роздягнула «електропостачання, електроустаткування, електробезпечність».

У будівництві найбільше широко використовують установки напругою до 1000 В з глухо заземленою централлю чи трансформатора генератора електростанції. У цих системах варто застосовувати заземлення – занулення, відповідно до якого обов'язкова металевий зв'язок корпусів електроустаткування, що відповідають висновків трансформаторів – споживачів із заземленою централлю джерела харчування. Застосування заземлення без металевих зв'язку з централлю забороняється.

1.5 Збереження отрутих, легкозаймистих вибухонебезпечних речовин і пилевидних матеріалів.

Засоби збереження отрутих, легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин передбачають підвищені вимоги безпеки. У протилежному випадку можливе фахове отруєння і нещасні випадки при їхньому навантаженні, розвантаженні, транспортуванню і використанню. Як правило, отруйні речовини вирішується берегти тільки в окремих, закритих, добрі провітрюваних, сухих, затемнених помешканнях, віддалених від житла, столових, питних криниць, водойм. На водоймах і в самих помешканнях вивішуються попереджувальні написи і спеціальні знаки. Склади для збереження кислот забезпечують нейтралізатором.

Кислоти (соляна, сірчана, карбонова, та ін.) необхідно транспортувати і берегти в скляних обплетених пляшках, розташовуючи в один ряд. Кошики для упакування сулій повинні мати ручки для зручності перенесення і безпеки навантажувальних і розвантажувальних робіт.

Нітрофарби й інші лакофарбові матеріали зі шкідливими домішками бережуть у герметичній закритій тарі. Зовнішні поверхні тари і робочого посуд з-під лаків і фарб необхідно старанно очищати. Фенол необхідно містити в скляному посуді або в сталевих бочках.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Хлорне вапно бережуть у стандартній тарі, що закриває щільно, сухому закритому провітрюваному помешканні окремо від мастильних мастил, балонів із стиснутим газом, при температурі на складі не нижче 10 і не вище 20^{оc}.

Бензол бережуть тільки в металевій герметичній закритій тарі під навісом або в помешканні, обладнаному приточно-витяжною вентиляцією.

Етиловий бензин слід берегти, перевозити, видавати й одержувати відповідно до “правил техніки безпеки для підприємства автомобільного транспорту”.

Пальні і легкозаймисті рідини (гаснув, бензин і ін.), а так саме мастильні матеріали варто берегти в помешканні із неспалених конструкцій або заглиблених у землю з дотриманням правил техніки пожежної безпеки. Забороняється, берегти і переносити летучі і легкозаймисті рідини у відкритій тарі.

Якщо в однім помешканні зберігаються різноманітні токсичні речовини, тара винна мати бирки, пофарбовані в різноманітні в різноманітні кольори.

Карбід кальцію в спеціальних барабанах бережуть в інвентарних помешканнях блокового типу відповідно до “правил пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт”. Помешкання обладнують вуглекислотними балонами і шухлядами з сухим піском.

Балони з стиснутими газами (киснемом, ацетиленом, пропан-бутаном та ін.) бережуть у вертикальному положенні в закритих провітрюваних помешканнях, захищених від дії сонячних променів і осадків, ізольованих від джерел відкритого полум'я і місць зварювання.

Санітарно–побутові приміщення.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						81
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

При проектуванні, розрахунках та розміщенню засобів санітарно-побутового забезпечення працюючих на будівництві, дотримуємось вимог СНІП II-92-76, БН 276-74.

До складу санітарно-побутових приміщень включені: гардеробні, приміщення для відпочинку та обігріву, душеві, рукомийники, приміщення для сушки, чистки одягу та взуття, уборні, медпункти, кімнати для прийому їжі. В цілях раціонального використання території використовують типові вагончики, а в них об'єднують приміщення такі як гардеробна та рукомийник, кімнату для відпочинку з кімнатою для обігріву та інше. Їх кількість та параметри визначені спеціальним розрахунком в організаційному розділі даної пояснювальної записки.

Санітарно-побутові приміщення розташовані по відношенню до будую чого об'єкту з навітряної сторони на відстані 50м від цього об'єкту.

Розрахунок освітлення

Для розрахунку висвітлення горизонтальної поверхні застосовують метод світлового потоку:

$$E = \frac{F \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k} ; \text{де}$$

E - освітленість, лк;

F - світловий потік, прийнятий для освітлювальної мережі ламп, лм;

n - кількість ламп, шт;

η - коефіцієнт, прийнятий у залежності від фарбування стін і стелі рівним 0.3...0.5;

S - площа підлоги освітлюваного приміщення, м²;

k - коефіцієнт запасу, що враховує можливість забруднення світильника.

Звідси легко визначити необхідна кількість ламп:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k}{F \cdot \eta}$$

Розрахунок

$E_{тр} = 5$ лк, $k = 1.5$ – при великій запиленості, $\eta = 0.4$, $S = 3000 \text{ м}^2$,

$F = 8000$ лм, для лампи марки ПЗС-35, 500 Вт.

$$n = \frac{5 \cdot 3000 \cdot 1.5}{8000 \cdot 0.4} = 7.03 \text{ шт}$$

Прийнято 7 ламп марки ПЗС-35, 500 Вт.

Визначення небезпечної зони монтажних робіт

Границі небезпечних зон, у межах яких можливе виникнення небезпеки в зв'язку з падінням предметів (по СНиП III-4-80*)

Таблиця 1.1 – Границі небезпечних зон

Висота мож- ливого падіння предмету, м	Границі небезпечної зони, м	
	від горизонтальної проекції максимальних габаритів пе- реміщуваного машинами вантажу	від зовнішнього пери- метру будівлі чи споруди
до 10	5	3.5
10-20	7	5
20-70	10	7
70-120	15	10
120-200	20	15
200-300	25	20
300-450	30	25

При монтажі плит покриття висота підйому складає 12.5 м від поверхні землі. Радіус монтажу (за технологічною картою) складає 9 м. Довжина плити покриття складає 6 м. Значить радіус небезпечної зони складає:

$$R_{\text{нз}} = 9 + \frac{6}{2} + 7 = 19 \text{ м від вісі поворотної частини крану.}$$

Розрахунок кріплення стінок котловану

Риття котлованів з вертикальними стінками без кріплень у нескельних і некрижаних ґрунтах вище рівня ґрунтових вод і при відсутності поблизу підземних споруджень допускається на глибину не більш: 1 м - у насипних, піщаних, великоуламкових ґрунтах; 1,25 м - у супісках; 1,5 м - у суглинках і глинах (СНиП III-4-80*, п. 9.9).

Для забезпечення стійкості вертикальних стінок котлованів глибиною, що перевищує зазначену вище, застосовують інвентарні кріплення при глибині до 3 м.

Активний тиск зв'язного ґрунту, де по поверхні ковзання одночасно діють як сили тертя, так і сили зчеплення, визначається по формулі:

$$\sigma_{\text{акт}} = H \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot C_c \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) ; \text{ де}$$

$\sigma_{\text{акт}}$ - активний тиск ґрунту, кН/м^2 ;

H - глибина котловану, м;

γ - насипна щільність ґрунту, т/м^3 ;

φ - кут природного укосу, град..

C_c - сила зчеплення ґрунту на зріз, Н/м^2 .

Розрахунок:

$H = 2.5 \text{ м}, \gamma = 2.6 \text{ т/м}^3$ (суглинок льосовидний), $\varphi = 17^\circ$, $C_c = 1.3 \text{ Н/м}^2$

$$\sigma_{\text{акт}} = 2.5 \cdot 2.6 \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{17}{2}\right) - 2 \cdot 1.3 \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{17}{2}\right) = 2.89$$

Крок стійок (проліт дощок)

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						84
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$\ell = \frac{14.4 \cdot \delta}{\sqrt{\sigma_{\text{акт}}}} ; \text{ де}$$

δ - прийнята товщина дошки, см.

Розрахунок:

$$\delta = 4 \text{ см} \quad \ell = \frac{14.4 \cdot 4}{\sqrt{2.89}} = 1.47 \approx 1.5 \text{ м}$$

Діаметр стійки

$$d = \sqrt[3]{M_{\text{max}} \cdot 0.1 \cdot \sigma_{\text{акт}}} ;$$

$$M_{\text{max}} = \frac{q \cdot h^2}{8} - \text{при роботі стійки, як балки на двох опорах, Нм;}$$

де h - відстань по вертикалі між розпірками.

Розподілене навантаження. q на 1 см дошки при її ширині $b=10\text{см}$ дорівнює

$$q = \sigma_{\text{акт}} \cdot b = 2.89 \cdot 0.1 = 0.29 \text{ Па.}$$

Розрахунок:

$$M_{\text{max}} = \frac{0.29 \cdot 1.5^2}{8} = 0.08 \text{ Нм} \quad d = \sqrt[3]{0.08 \cdot 0.1 \cdot 2.89} = 0.097 \approx 0.1 \text{ м} = 10 \text{ см}$$

При розрахунку анкерного кріплення визначають діаметр тяжа на максимальне зусилля:

$$N_{\text{max}} = \frac{\sigma_{\text{акт}} \cdot H \cdot \ell}{2}$$

$$F_{\text{т}} = \frac{N_{\text{max}}}{R_{\text{п}}}.$$

Розрахунок:

$$N_{\text{max}} = \frac{2.89 \cdot 2.5 \cdot 1.5}{2} = 5.42 \text{ кН}; \quad F_{\text{т}} = \frac{5.42}{360000} = 0.00005 \text{ м}^2 = 50 \text{ мм}^2$$

Діаметр кріплення складає:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{т}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50}{3.14}} = 8 \text{ мм.}$$

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						85
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Для кріплення стінок котловану прийняті дошки січенням 40х100 мм, стійки діаметром 100 мм через 1.5 м з анкерним кріпленням з арматури діаметром 8 мм.

					ДЕСВ 179 ПЗ	Лист
						86
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		