

3. Для підвищення (до 40%) ресурсу працездатності бандажів вальців млинів на операції розмелювання вугілля до порошкоподібного стану, замість одношарового наплавлення необхідно запроваджувати тришарове, при цьому послідовність укладання шарів повинна бути такою, аби твердість наступного шару зростала від основи до периферії бандажа; це запобігатиме можливим відколам та виникненню аварій, як це траплялося для одношарового наплавлення бандажів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Громко Я.А., Козут М.С., Куновський Г.П., Лебідь Н.М., Лошак О.С. Прогресивні технології відновлювання та зміцнення спрацьованих деталей енергетичного обладнання ТЕС. Енергетика і електрифікація.-2002.-№10.- с.45-50.
2. Козут М.С., Караїм В.С., Лебідь Н.М. Оцінка міцності стикових зварних з'єднань із сталі 50 за критеріями тріщиностійкості. // Проблеми прочності-2003.-№2.-С.147-155.
3. Козут Н.С., Шахматов М.В., Ерофеев В.В. Несущая способность сварных соединений. – Львов, изд-во «Світ» 1991. – 184 с.
4. Козут М.С. Визначення тріщиностійкості зварних з'єднань багаторазовим випробуванням призматичного зразка з боковою тріщиною у шві. //Вісник НУ „Львівська політехніка” „Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні” .1999.-№371.- С.79-82.
5. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. Введ. 01.01.1986.-М.: Изд-во стандартов.-1985.- 62с.
6. Панасюк В.В. Механика квазихрупкого разрушения материалов. К.: Наук. думка, 1991. – 415 с.

УДК 624.011.1

*Ю.І.Орловський, д.т.н., професор, Ю.Е.Павлюк, В.А.Батлук, д.т.н., професор (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),
Д.В.Гулін (Дочірня фірма "Кнауф Маркетинг", Київ),
А.Ю.Старченко (Національний університет "Львівська політехніка")*

ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ОБШИВКОЮ ГІПСОКАРТОННИМИ ЛИСТАМИ

Для підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій як конструктивний спосіб вогнезахисту запропоновано облицювання їх поверхні гіпсокартонними листами (ГКЛ). Ефективність такого способу вогнезахисту підтверджується вогневими лабораторними випробуваннями дерев'яних конструкцій (балок, стійок), захищених одинарними і подвійними гіпсокартонними листами завтовшки 12,5 та 15 мм.

Як показали результати випробувань, межа вогнестійкості облицювання залежить від товщини листів, їх вологості і вологості конструкції, що захищається. У проведених випробуваннях за межу вогнестійкості був прийнятий час прогрівання облицювання, за який на поверхні підкладки температура досягала 500°C.

Останнім часом в будівництві широко застосовуються комплексні конструкції, що складаються з дерев'яного каркаса або дерев'яних несучих елементів (балок, стійок) з

обшивкою гіпсокартонними листами (ГКЛ) і звуко теплоізоляцією з мінеральних волокон. Поєднання дерев'яних матеріалів з гіпсовими виробами дозволяє ефективно вирішувати питання як обробки, так і вогнезахисту деревини.

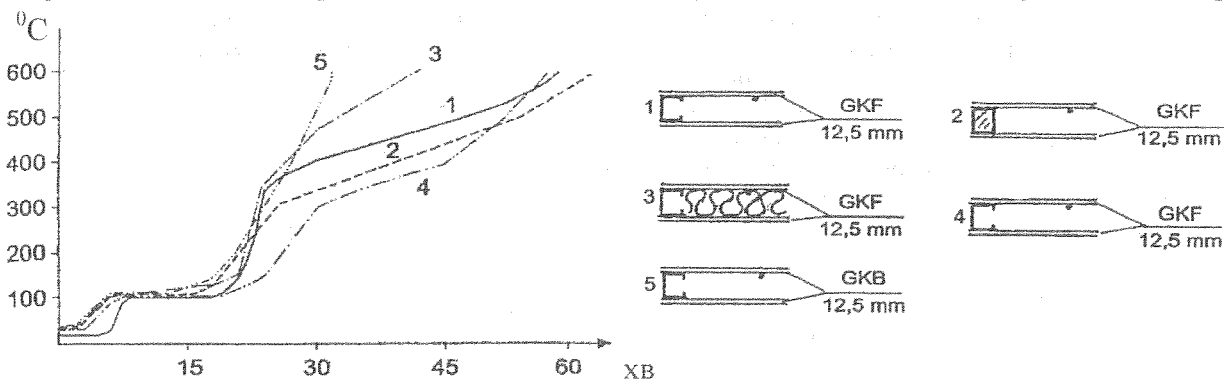
Гіпс відомий як вогнестійкий матеріал, що містить близько 20% хімічно зв'язаної кристалізаційної води. У 1 м² ГКЛ завтовшки 15 мм при масі 15 кг/м² міститься 3 л такої води. Щоб нагріти ГКЛ до переходу кристалізаційної води у водяну пару потрібна дуже велика питома витрата тепла - в 5 разів більша, ніж для нагріву води до кипіння. Саме тому ГКЛ володіють хорошими вогнезахисними властивостями. Потрібно багато часу для того, щоб вся вода випарувалася з гіпсу, і поки це не відбудеться, на поверхні ГКЛ, поверненій до вогню, утримується так звана "температура зворотної сторони листа". Для поліпшення структурних зв'язків в гіпсовий сердечник ГКЛ підвищеної вогнестійкості додають скловолокно. Картонне облицювання ГКЛ є горючим. Горіння картону сприяє загальному процесу вогневої дії на гіпсовий сердечник і погіршує тепловий баланс в конструкції. В той же час слід зазначити, що міцний зв'язок картону з гіпсовим сердечником не сприяє значному поширенню вогню по поверхні ГКЛ.

Всі гіпсокартонні вироби, що застосовуються в масовому будівництві, спочатку проектується з урахуванням протипожежних вимог і їх надійного вогнезахисту. Вогнезахисний ефект ГКЛ визначається їх вогнезахисними властивостями і товщиною створюваного ними гіпсового шару. Чим ця товщина більша, тим вища межа вогнестійкості всієї конструкції, що захищається.

У 1995-2003 рр. в лабораторії випробувань Інституту будівельної техніки (Польща, Варшава) було проведено серію випробувань на вогнестійкість будівельних елементів внутрішніх перегородок, підвісних стель, балок, стійок з обшивкою гіпсокартонними листами трьох типів: звичайних GKB не армованих, вогнестійких GKF, армованих скловолокном і вогневодостійких GKFI завтовшки 15,5 мм. Нижче наведені результати випробувань елементів внутрішніх перегородок з дерев'яним і металевим каркасом, обшитих одинарними і подвійними ГКЛ і деякі висновки [1].

Перегородки з листами GKB показали нижчу вогнестійкість, ніж аналогічні перегородки, облицьовані ГКЛ типів GKB і GKFI, які практично за вогнестійкістю не різнилися.

Перегородки облицьовані листами GKF з металевим каркасом в процесі випробувань деформувалися у напрямі дії вогню (в результаті нагріву і розширення металевого профілю каркаса). Максимальний вигин у середині перегородки з одинарною обшивкою становив 125мм, з подвійною - 93мм. Перегородки з листами GKF і дерев'яним каркасом, після руйнування обшивки і обуглювання деревини каркаса, деформувалися у зворотному напрямі. Максимальний вигин перегородок з дерев'яним каркасом і подвійною обшивкою з листів GKF становив 55 мм і був в 2 рази менший, ніж перегородок з металевим каркасом. Одночасно був зроблений висновок, що при температурі 300°C 90% кристалізаційної води випаровується з ГКЛ. На рис.1. показана залежність температури нагріву внутрішньої поверхні ГКЛ від часу при випробуваннях перегородок за режимом стандартної пожежі [1].



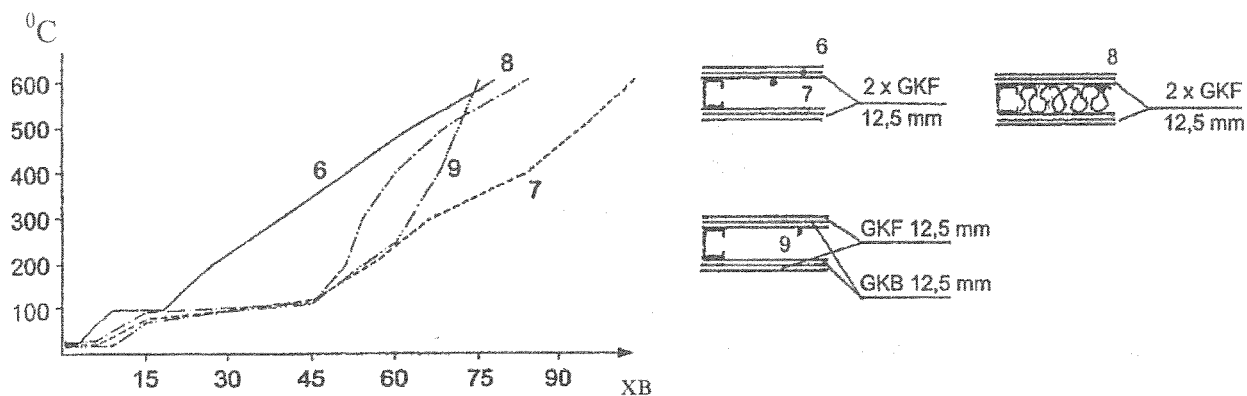


Рис.1. Залежність температури нагріву внутрішньої поверхні ГКЛ від часу при випробуваннях перегородок за режимом стандартної пожежі [1].

Використання ГКЛ як обшивки несучих конструкцій може підвищити їх вогнестійкість. До елементів несучого каркаса будівель слід віднести ригелі і балки, що працюють в основному на згин, і стійки або колони, які сприймають переважно стискаючі навантаження. Всі ці елементи потребують захисту у вигляді протипожежної оболонки (обшивки) з негорючих або важкогорючих матеріалів. При цьому така оболонка потрібна і в тих випадках, коли несучі елементи приховані підвісною стелею або гіпсокартонною перегородкою. Не обшиті дерев'яні балки, виготовлені з деревини, залежно від діючих на них згинальних зусиль повинні мати поперечні перерізи із запасом, з міркувань їх вогнестійкості, під впливом пожежі з усіх боків. Згідно з DIN 4102, їх перерізи можуть досягати розмірів 320x660 мм при згинальних напруженнях в матеріалі більших від 13 Н/мм² і з класом вогнестійкості F 60-В. Для обшитих гіпсокартоном дерев'яних балок і стійок за інших рівних умов мінімальні розміри їх поперечних перерізів, залежно від товщини гіпсокартонної обшивки і класу вогнестійкості, можна приймати по табл.1.

Таблиця 1. Вогнестійкість дерев'яних балок і стійок з гіпсокартонної обшивкою згідно з DIN 4102

Конструкція дерев'яного елемента	Клас вогнестійкості	
	F 30- В	F 60- В
Дерев'яні балки прямокутного перерізу, що працюють на згин; обшивка балок гіпсокартонними листами підвищеної вогнестійкості (ГКЛВ) з трьох сторін, верхня сторона щільно притиснута до перекриття Товщина ГКЛВ, мм	80x110 15	160x220 2x12,5
Дерев'яні стійки квадратного перерізу Мінімальний розмір сторони перерізу, мм Мінімальна товщина гіпсокартонної обшивки з листів ГКЛ	80 15	160 2x12,5

Дерев'яні балки обшиваються ГКЛ шляхом закріплення їх шурупами (рис.2), стійки обшиваються ГКЛ по гіпсовому розчину з шпаклюванням по поверхні листів і захистом кутів обшивки профілем (рис.3).

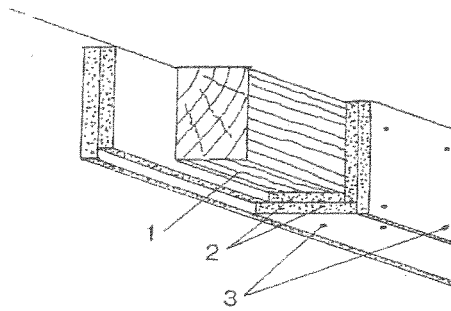


Рис.2. Подвійна обшивка дерев'яної балки ГКЛВ: 1 - дерев'яна балка; 2 - ГКЛВ; 3 – шурути.

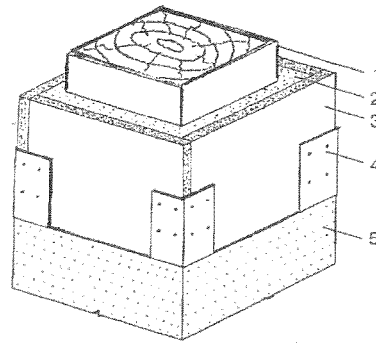
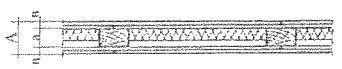
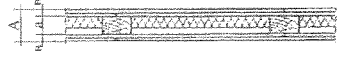


Рис.3. Вогнезахисна обшивка дерев'яної стійки: 1 - дерев'яна балка; 2 - гіпсовий розчин; 3 - ГКЛВ; 4 - профіль для захисту кутів обшивки; 5 - шар шпаклівки по поверхні обшивки.

Вогнезахист приміщень визначається не тільки вогнестійкістю поверхонь стінних огорожень і перекриттів. Він багато в чому залежить від конструкцій стиків, швів, огорожень наскрізних отворів в ГКЛ і захисту теплових містків від високої температури і полум'я. Характеристики перегородок з дерев'яним каркасом приведені в табл.2, вузли з'єднання і вогнезахист порожнини гіпсокартонних конструкцій показані на рис. 4, 5.

Таблиця 2. Технічні і будівельно-фізичні характеристики перегородок з дерев'яним каркасом стійкової конструкції

Система перегородок та їх горизонтальний переріз	Розміри, мм			Ма-са, кг/м ²	ρ, кг/м ²	максим. ви-сота перего-родок *		ізоляція		звуко- і теплозахист		
	А	в	а			група приміщень		щіль-ність, кг/м ³	тов-щин а, мм	межа вогне-стій-кості	індек с з/і ** R _w , ДБ	коєфі-цієнт теплоп е-редачі, Вт/м ² К
						1	2					
	85	12,5	60	30	35	3,1	3,1	40	40	F 30В	38	0,65
	105	12,5	80	30	35	4,1	4,1	40	40	F 30В	-	0,65
	110	25	60	50	50	3,1	3,1	40	40	F 30В	46	0,60
	130	25	80	50	50	4,1	4,1	40 100	40 80	F 30В	-	0,60

Примітка: А - статичне навантаження по 1055, ч.1; * при зменшенні відстані між стійками каркаса висота стін може бути збільшена; ** індекс звукоізоляції $R_w = 1v + 2$.

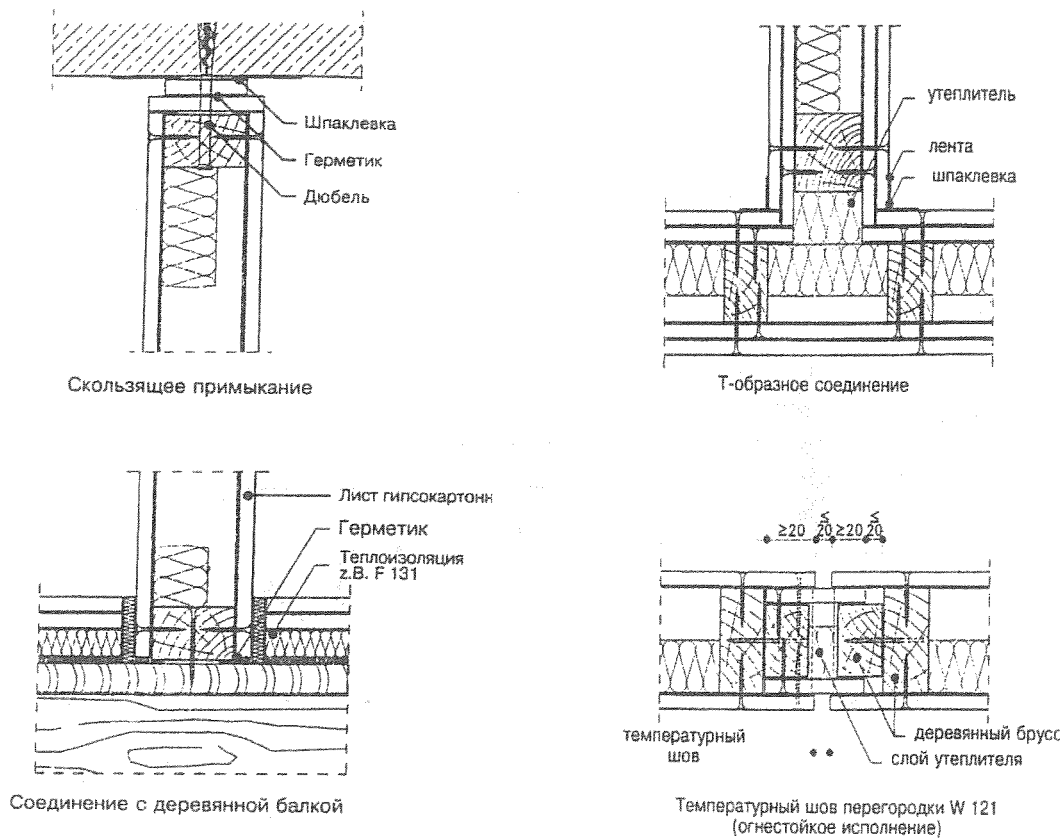


Рис. 4. Специальні вузли перегородки з дерев'яним каркасом стійкової конструкції типу W 121

Підвісні і підшивні стелі з ГКЛ, що використовуються як вогнестійкі конструкції, проектуються з урахуванням того, що вогнева дія можлива з боку приміщення, а не з боку порожнини між підшивною або підвісною стелею і перекриттям (рис.6). При цьому вважається, що в цій порожнині не повинно бути ніяких горючих матеріалів, якщо вони не є частиною конструкції стелі.

Проте, допускається присутність в порожнинах стель горючої кабельної ізоляції і матеріалів класу ВІ при пожежному навантаженні до 7 кВт/год², рівномірно розподіленому по поверхні стелі. При такому пожежному навантаженні дозволяється розміщувати 8,75 м кабелю перерізом 3x1,5 мм з полівінілхлоридною ізоляцією на 1м² стелі. Перекриття, захищені підшивними або підвісними гіпсокартонними стелями з ГКЛВ, належать, як правило, до того ж класу вогнестійкості, що і самі підвісні стелі, за умови, що: осеві відстані між підвісками і точками прикріплення до несучого перекриття і відстані в осях між несучими профілями основи ≤ 1000 мм; висота підвіски - будь-яка; допускається влаштування ізоляційного шару в порожнині підвісної стелі.

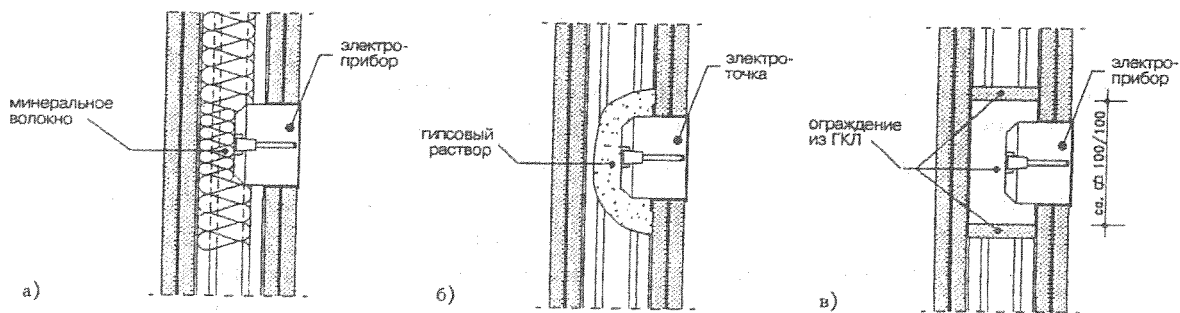


Рис. 5. Вогнезахист порожнини гіпсокартонних конструкцій: а - мінеральним волокном; б - гіпсовим розчином; в - огородженням з ГКЛВ.

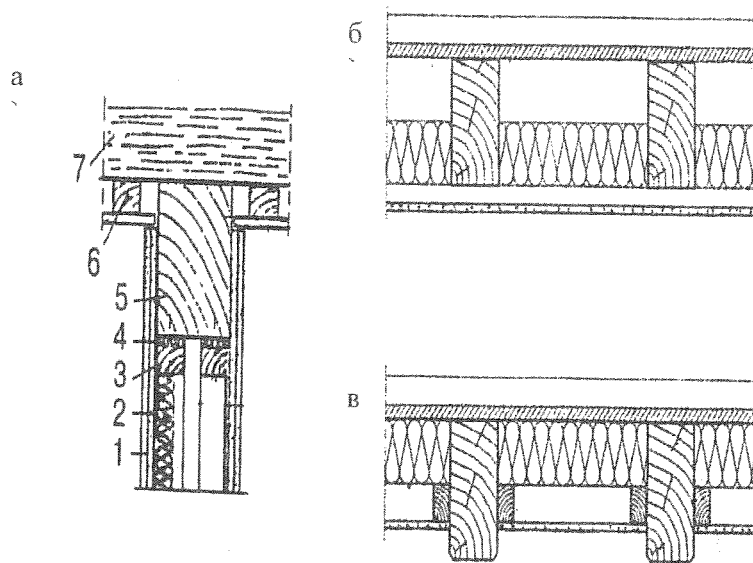


Рис.6. Приклади розміщення дерев'яних елементів в порожнині гіпсокартонної перегородки (а) і в системі гіпсокартонних підшивних і підвісних стель: балочні перекриття з балками повністю закритими підшивкою (б) і з частково випущеними з підшивки балками (в):

1 - гіпсокартонна обшивка; 2 - звуко- і теплоізоляція; 3 - ригель дерев'яного каркаса; 4 - ущільнювальна прокладка на ділянці примикання; 5 - дерев'яна балка перекриття; 6 - несучий брусок обрешітки підвісної стелі; 7 - елемент дерев'яного перекриття по дерев'яних балках.

В Україні останнім часом широкого поширення набули гіпсокартонні системи фірми "Кнауф", що виготовляються на заводі "Будмак Кнауф АТ" (Київ) і використовуються в сухому будівництві та при реконструкції будівель різного технологічного призначення [2]. Ці системи завдяки розмаїттю конструкцій, забезпечують високі характеристики тепло- і звукоізоляції, а також протипожежного захисту при мінімальних витратах.

Хоча ДБН В.1.1-7-2002 [3] і допускають застосування ГКЛ в будівництві за умовами вогнестійкості з каркасом з негорючих матеріалів, проте спеціальних нормативів щодо їх вогнестійкості в колишньому СРСР не було.

Фірмою "Кнауф", найбільшим розробником і виробником гіпсокартонних систем в Європі, у питаннях вогнестійкості накопичений значний досвід завдяки численним випробуванням різних конструкцій на вогнестійкість [4]. Необхідно відзначити, що і в Україні підприємства фірми "Кнауф" вже мають позитивний досвід таких випробувань. У 1998 р. Українським науково-дослідним інститутом пожежної безпеки були проведені випробування на вогнестійкість стінової перегородки типу WIII з обшивкою з ГКЛ німецького виробництва і утеплювачем типу Rockmin за методикою СЭВ 1000-88 "Будівельні конструкції. Метод випробувань на вогнестійкість", які визначили межу її вогнестійкості рівною 67 хв, що добре кореспондується з даними вогневих випробувань перегородки такої ж конструкції, проведених в Німеччині по методикою DIN 4102 "Протипожежні вимоги до будівельних матеріалів і конструкцій", ч.5.

Найбільш поширеними в сухому будівництві є конструкції стін і перегородок із застосуванням ГКЛ і дерев'яних каркасів. Згідно з німецькими нормами DIN 4102, вони поділяються на:

- ненесучі перегородки, навантажені переважно власною масою з дерев'яним або металевим каркасом;

- огорожувальні стіни, що є несучими або ненесучими конструкціями, призначені для перешкоджання розповсюдженню вогню з одного приміщення в інше, наприклад, стіни на шляхах евакуації, стіни сходових кліток і міжквартирні стіни, що підлягають односторонній вогневій дії;

- несучі стіни з дерев'яним каркасом, що мають в своєму складі стиснені конструктивні елементи (стійки);

- несучі стіни, що не є огорожуючими, тобто вільно стоячі діафрагми, які зазнають дії вогню з декількох сторін, наприклад, несучі стіни з відкритими проходами, що мають дерев'яний каркас, із стійками мінімальних перерізів;

- стіни будівель, в яких відмітки підвіконь вікон і інших отворів розташовані не вище 8 м над рівнем відмітки відмостки.

Захисні конструкції приміщення повинні перешкоджати проникненню крізь них вогню протягом всього часу вогневих випробувань, згідно з класом їх вогнестійкості. На стороні протилежній вогневій дії середня температура поверхні не повинна підвищуватися в порівнянні з початковою більше ніж на 140 К, а в окремих випадках - 180 К. Огорожувальні стіни, що пройшли вогневі випробування, повинні додатково перевірятися на міцність ударом кулі (здатність витримувати тиск струменя води із пожежного ствола). Несучі конструкції випробовуються на вогнестійкість під проектним навантаженням. Стійки класу \geq F 90 випробовуються на дію напору води при гасінні пожежі.

Клас вогнестійкості гіпсокартонної перегородки не залежить від ширини її внутрішньої порожнини. Він визначається товщиною обшивки ГКЛ і масою ізоляційного матеріалу, що укладається у внутрішній порожнині. Точка плавлення ізоляційних матеріалів, що відповідають нормам DIN 4102, ч.4, вогнезахисних захисних конструкцій не повинна перевищувати 1000 °С, а сам матеріал повинен мати клас горючості А.

Максимальна висота гіпсокартонних перегородок згідно з DIN 4102, ч.4, обмежується 5 м, якщо вони повинні виконувати функцію вогнезахисту. Більша висота таких перегородок може допускатися лише у разі отримання позитивного результату їх вогневих випробувань. Встановлені нормами класи вогнестійкості гіпсокартонних перегородок дійсні при їх примиканні і заанкеруванні до несучих конструкцій перекриттів. Класи вогнестійкості перегородок залежно від товщини гіпсокартонної обшивки і ізоляції внутрішньої порожнини наведені в табл.3.

Таблиця 3. Класи вогнестійкості гіпсокартонних перегородок з дерев'яним каркасом типу HW

Вид ГКЛ	Товщина ГКЛ, мм	Товщина, мм і щільність ізоляції, кг/м ³	Клас вогнестійкості	Межа вогнестійкості, хв
ГКЛВ (GKF)	18 2 x 9,5 12,5	40/40	F 30-B	30
	2x12,5	40/40	F 60-B	60
	2x12,5	80/100	F 90-B	90

Дерев'яні каркаси виготовляються з пиломатеріалів хвойних порід згідно ГОСТ 8486-86 і монтуються з вертикальних стійок та горизонтальних направляючих. Бруски каркаса

обробляються антипіренами відповідно до вимог СНиП 3.03.01-87. Вогнезахисна обробка повинна переводити деревину в І групу відповідно до ГОСТ 30219 - 95, вологість якої не повинна перевищувати 12%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kosiorek M., Wroblewski B. *Zachowanie płyt gipso-kartonowych w warunkach pożaru // Materialy Budowlane*, - 2003. - n.10 (374). - S. 10-11.
2. Циприанович И.В., Старченко А.Ю. *Комплексные системы сухого строительства*. - К.: Издательство ОАО "Мастера", 1999. - 192 с.
3. Державні будівельні норми України. ДБН В.1.1-7-2002. "Пожежна безпека об'єктів будівництва". - К.: Держбуд України, 2003. - 42 с.
4. Brandschutz mit knauf, *Gipsbaustoffe Baukonstruktion; neu überarbeitete Auflage*. 1977-64 s.

УДК 614.843(075.32)

*Е.М.Гуліда, д.т.н., професор, О.О.Карабин, к.ф.-м.н., О.О.Смотр, А.Д.Кузик, к.ф.-м.н.
(Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОШИРЕННЯ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ З УРАХУВАННЯМ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ

На основі аналізу існуючих підходів до побудови математичних моделей поширення лісової пожежі проведено моделювання поширення лісової пожежі аналітичним методом із врахуванням лише одного виду теплообміну, а саме конвективного.

Проблема охорони лісів від пожеж – одна з найбільш складних задач охорони навколишнього середовища. Щороку в Україні внаслідок пожеж знищується понад 5 тис. га лісу [1,2]. Для покращення охорони лісів від пожеж недостатньо тільки удосконалення технічних засобів боротьби з вогнем. Все більшої актуальності набувають раціональна організація і ефективне управління роботою служб, задіяних в системі охорони лісів від пожеж. В свою чергу, процес раціонального управління і організації усіма задіяними службами вимагає вирішення таких завдань, як оперативне визначення імовірного напрямку розвитку пожежі, швидкості її поширення та обмеження розповсюдження. Для вирішення цих завдань потрібно створити математичні моделі розповсюдження пожежі, що дасть змогу прогнозувати ситуацію, що виникла в реальних умовах. Більшість відомих на даний час моделей швидкості поширення лісових пожеж використовують експериментальний та змішаний експериментально-аналітичний методи [3].

Аналітичний метод поширення пожежі базується на законах збереження енергії та вимагає громіздких аналітичних і обчислювальних операцій, проте цей метод моделювання дає змогу отримати найбільш повну картину розповсюдження пожежі. Тому математичне моделювання процесу поширення лісових пожеж аналітичним методом є актуальною задачею сучасності. В роботі [4] змодельовано процес поширення лісової пожежі із врахуванням лише одного виду теплообміну, наявного під час пожежі, а саме теплопровідності. Але при побудові математичної моделі поширення лісової пожежі необхідно врахувати усі три види теплообміну: теплопровідність, конвективний теплообмін і теплове випромінювання