

301. 7. *Справочник проектировщика (расчетно-теоретический) / Под ред. д.т.н., проф. А.А. Уманского. – М.: 1960. – С. 441–442.* 8. *Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84). – М., 1989. – С. 21–24.* 9. *Демчина Б.Г. Огнестойкость монолитных неразрезных плит перекрытий по стальному профилированному настилу: Дис. ... канд. техн. наук. / Б.Г. Демчина. – Львів, 1989. – 197 с.* 10. *Барабаш В.М. Розробка дослідження та застосування нового виду стрічкової арматури періодичного профілю в сталобетонних конструкціях / В.М. Барабаш, Ф.Є. Клименко // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава, 1997. – С. 37 – 41.*

УДК 624.131.64

Т.М. Шналь, І.П. Синенько, Д.А. Ясінський*
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів,

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
кафедра пожежно-профілактичної та наглядової діяльності

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

© Шналь Т.М., Синенько І.П., Ясінський Д.А., 2010

Проаналізовано методи проведення натурних випробувань на вогнестійкість будівель і споруд. Наведено опис та результати деяких досліджень натурних випробувань на вогнестійкість будівель та споруд.

Ключові слова: вогнестійкість, будівлі та споруди, натурні випробування.

In article the methods of leadthrough of model tests are analysed on the fire-resistance of buildings and facilities. Description and results of some researches of model tests is brought around to the fire-resistance of buildings and facilities.

Keywords: fire-resistance, buildings and facilities, model tests.

Постановка проблеми. Дослідження вогнестійкості будівель та споруд являють собою невід’ємну складову частину заходів, застосуванням яких забезпечується пожежна безпека. Впровадження нових проектних вирішень неможливе без проведення оцінки їх вогнестійкості. Експериментальне визначення вогнестійкості на практиці проводиться під час використання лабораторних методів випробувань конструкцій або проведенням натурних вогневих випробувань будівлі або споруди загалом. Залежно від методик проведення випробувань та оцінки їхніх результатів залежатимуть характеристики вогнестійкості будівель та споруд.

Повномасштабні методи випробувань на вогнестійкість. Численні міжнародні та національні стандарти, які регламентують методи випробування на вогнестійкість різних типів будівельних конструкцій, ґрунтуються на загальних принципових положеннях. Відмінності у номенклатурі випробовуваних конструкцій, мінімально допустимих розмірах зразків для випробувань, критеріях оцінки досягнення межі вогнестійкості не є істотні. Це дає можливість виконувати зіставлення результатів випробувань конструкцій під час використання різних стандартів.

Стандарти ISO 834 [1], 3008, та 3009 містять методи випробувань на вогнестійкість несучих і огорожувальних конструкцій (стінові панелі, плити покриттів і перекриттів, балки тощо), дверей, закслених елементів. У них режим вогневого випробування ґрунтується на використанні стандартної температурної кривої. Випробування проводять за заданого надлишкового тиску у вогневій камері в печі. Мінімальні розміри (висота, ширина) стінових панелей і перегородок

приймають такими, що становлять 3 м, плит покриттів і перекриттів 4×2 м. Прольот балок і висота колон повинні становити не менше 3 і 4 м відповідно. Під час випробувань передбачається вимірювання деформацій та переміщення конструкцій, зусиль в їхніх елементах, виконання візуальних спостережень.

Стандарт СТ СЭВ 1000-78 [2] поширюється на несучі, самонесучі і навісні стіни, перегородки без отворів, колони, стовпи, плит покриттів і перекриттів без отворів, з підвісними стелями і без них, балки, ферми і ригелі. Вогневі випробування несучих конструкцій виконують у завантаженому стані. Випробування з вогнезахисними складами допускається проводити без навантаження, якщо покриття не було враховане під час визначення несучої здатності конструкції. Як і в більшості стандартних методів випробувань на вогнестійкість в стандарті регламентуються три ознаки граничного стану: втрата несучої здатності, теплоізоляційної здатності та цілісності. Ознаку втрати несучої здатності визначають не тільки міцністю, але й деформацією конструкцій. Для зовнішніх стін, плит покриття, балок, ферм, колон та стовпів граничним станом є тільки втрата несучої здатності конструкцій та вузлів, для конструкцій, захищених вогнезахисними складами і випробовуваних без навантажень, – досягнення критичної температури матеріалом.

Стандарт NFPA251 [3] регламентує метод випробування на вогнестійкість несучих і огорожувальних конструкцій за режимом стандартної температурної залежності. Від передбачає також випробування конструкцій на швидке охолодження (водяним струменем) після теплового впливу. Рекомендується випробовувати натурні конструкції. Мінімальна площа випробовуваної конструкції (несучих і ненесучих стін і перегородок) становить 9 м², лінійний розмір – 2,7 м, мінімальна висота колон допускається 2,7 м, під час випробувань сталевих колон з вогнезахисним покриттям прикладення навантаження не вимагається. Висота вогнезахисних колон не повинна бути меншою за 2,4 м, площа плит покриттів та перекриттів приймається рівною 16 м², лінійний розмір – не менше 3,7 м, мінімальна довжина балок становить 3,7 м. Довжина несучих конструкцій покриттів та перекриттів допускається більшою за 2,1 м. Стандарт передбачає вогневе випробування конструкцій підвісних стель мінімальною площею 16 м² (лінійним розміром 3,7), горючих личкувань стін, перегородок і покриттів – мінімальною площею 9–16 м² (лінійний розмір зразків личкувань та перегородок 2,9 м, а покриттів – 3,7 м). Додаток до стандарту включає керівництво з відновлення конструкцій після вогневого впливу з врахуванням зміни вологості бетону у процесі теплового впливу.

Стандарт BS 476 (part8) [4] уможливило проведення випробувань конструкцій стін і перегородок, покриттів і перекриттів, підвісних стель, балок та колон, дверей та засувних пристроїв, закладення тощо. Мінімальні розміри зразків стінових панелей та перегородок становлять 2,5×2,5 м, зразків покриттів та перекриттів – 2,5×4 м, довжина балок – 4 м, висота колон – 3 м. За втрати несучої здатності плит та балок внаслідок вогневого впливу враховують максимальний прогин конструкції. Передбачається витримувати конструкції під навантаженням після проведення вогневого випробування впродовж 24 год, при цьому не повинно відбуватись руйнування.

Випробування конструкцій стін, покриттів та перекриттів, балок, колон, сходових маршів, дверей, личкувальних елементів передбачені в стандарті TGL-10682. Під час випробувань конструкцій зовнішніх стін за цим стандартом регламентується тільки втрата несучої здатності. Під час оцінювання теплоізоляційної здатності інших типів конструкцій допускається підвищення середньої температури на необірваній поверхні на 150 °С або будь-якій іншій точці – на 165 °С. Під час випробування конструкцій зменшення товщини горючих елементів не повинно перевищувати 10 мм. Широка номенклатура конструкцій для проведення випробувань на вогнестійкість передбачена в стандарті DIN 4102. Крім несучих і огорожувальних конструкцій, можна випробовувати двері та засувні пристрої, закладені елементи, вогнезахисні покриття, повітропроводи, канали тощо. Мінімальні розміри стінових та перегородкових панелей – 2×2,5 м, покриттів та перекриттів – 2×4 м, довжина балок та прогонів – 4 м; висота колон, стовпів – 3 м. Під час оцінювання вогнестійкості огорожувальних конструкцій використовують критерій порушення щільності. Для несучих згинаних елементів обмежується швидкість наростання прогину. Під час випробування сталевих колон у незавантаженому стані середня температура металу не повинна перевищувати 400 °С (максимальне значення у будь-якій точці – 500 °С).

Натурні випробування на вогнестійкість. Розглянуті лабораторні методи оцінки вогнестійкості конструкцій не дають змоги достовірно оцінити їх поведінку в умовах реальної пожежі. Розвиток будівництва, застосування нових конструктивних схем, матеріалів, конструкцій вимагає проведення натурних випробувань для оцінки їх вогнестійкості. В Україні у 2007 році був прийнятий ДСТУ Б В.1.1-18:2007 «Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги» [5]. Проведення натурних вогневих випробувань передбачає використання реального будівельного об'єкта або його фрагмента, який збудовано за відповідним проектом. Модельне вогнище пожежі під час спалювання повинно відображати температурний режим пожежі, наближений до стандартного, за ДСТУ Б В.1.1-4 [6]. Залежно від тривалості температурного режиму пожежне навантаження у перерахунку на масу деревини становить 25 кг/м² для 30 хв, 50 кг/м² – для 60 хв тощо. Пожежне навантаження може створюватись брусками із деревини хвойних порід з вологістю не більше 15 %. Відстань від підлоги до низу штабеля повинна становити 20 см. Для ініціації модельної пожежі під штабелями встановлюють сталеві дека, заповнені дизельним паливом. Під час проведення вогневих випробувань рекомендується застосування такого обладнання: приладів для вимірювання температури повітря, вологості повітря та швидкості вітру; систем для вимірювання температури в об'ємі приміщення з модельним пожежним вогнищем, а також на будівельних конструкціях; прилади для вимірювання надлишкового тиску у приміщенні; прилади для вимірювання статичного навантаження; прилади для вимірювання деформацій будівельних конструкцій; прилади для вимірювання вологості дерев'яних брусків; прилади для вимірювання розмірів та маси матеріалів для створення модельного вогнища пожежі. Під час проведення натурних випробувань проводиться вимірювання температур в об'ємі приміщення, на поверхнях конструкцій та у перерізах елементів. Для вимірювання температури в об'ємі приміщення встановлюються термопари у горизонтальній площині біля поверхні стель (на відстані 100 мм від стелі), на поверхнях протилежних стін (на відстані не менше ніж 850 мм від стелі), а також над віконними прорізами. Встановлення термопар для визначення температури на поверхнях конструкцій повинно відповідати ДСТУ Б В.1.1-4. Встановлення термопар у перерізах конструкції можливе за умови проведення випробувань без статичного навантаження. Вертикальні та горизонтальні деформації конструкцій визначають відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-4 та ДСТУ Б В.2.6-7. Вимірювання надлишкового тиску вимірюють на відстані 100 мм від вертикальної огорожувальної поверхні на висоті, яка дорівнює трьом чвертям висоти приміщення. Розташування пожежного навантаження у приміщенні залежить від результатів аналізу пожежного навантаження. Завантаження фрагмента виконують відповідно до ДСТУ Б В.2.6-7 з реєстрацією прогинів та ширини розкриття тріщин. Протягом випробувань виконують реєстрацію показів термопар з інтервалом не менше 1 хв, реєстрацію деформацій прогинів – з інтервалом не менше 5 хв. Під час випробувань ведуть спостереження за будівельним об'єктом або його фрагментом та фіксують зміни у стані будівельного об'єкта або його фрагмента, у приміщенні з пожежним навантаженням, деформаціями, порушеннями цілісності стін, перекриттів, появи тріщин, диму, полум'я тощо. Завершення випробувань настає, коли після вигорання модельного вогнища пожежі температура за показами усіх термопар не перевищує 50 °С.

Випробування [7] проводились на фрагменті будівлі розміром 7,3×7,5 заввишки 7,5 м. Фрагмент будівлі складався з підвалу, житлових кімнат, коридорів, шахти ліфта та сходової клітки. Стінові огорожувальні конструкції виконані з панелей з використанням керамзитобетону, панелі перекриття із суцільних залізобетонних плит. Загальний вигляд фрагмента будівлі перед випробуваннями показано на рис. 1.

Пожежне навантаження створювалось дерев'яними дошками, складеними у вигляді штабелів розміром 0,9×0,9×0,9 м. Дошки склались шарами з розривами 5–10 см. Щільність пожежного навантаження становила 150 кг/м². Пожежне навантаження розташовувалось в кімнаті першого поверху, кімнаті другого поверху та на сходовому майданчику між першим та другим поверхом. На рис. 2 показано загальний вигляд кімнати другого поверху з підготовленим пожежним навантаженням. Вимірювання температури виконувалось хромель-алюмелевими термопарами, встановленими як по об'єму приміщень, так і по товщині перерізів огорожувальних конструкцій з реєстрацією та записом їх показів приладами ПКРТ-0103.



Рис. 1. Фрагмент будівлі перед та після випробування



а)

б)

Рис. 2. Видяг пожежного навантаження (а) та приладів ПКРТ-0103(б)

Витяг з повномасштабних вогневих випробувань

Автор	Рік	Дослідження
(Latham et al.)	1985	Криві температура-час для сталі для незахищених сталевих конструкцій для деяких перерізів, експонованих у великому відсіку, пожежу змінювали пожежним навантаженням, умовами вентиляції та термічними характеристиками огорожувальних поверхонь
(Witteveen et al.)	1977	Перше повідомлення про оцінку конструкцій під впливом пожежі. Досліджувалась стійкість жорстких та нежорстких рам за підвищених температур
Cooke and Latham	1987	Перші випробування повністю завантаженого сталевго каркаса на вплив натуральної пожежі з використанням дерев'яних штабелів
Genes	1982	Великомасштабні вогневі випробування у відсіку моделей двох поверхів двадцятиповерхової будівлі для оцінки поведінки захищених балок
Thomas et al	1992	Поведінка незахищених композитних конструкцій в умовах пожежі
Anon	1986	Поведінка сталевих та композитних (composite) конструкцій в умовах пожежі

Визначення прогинів та деформацій огорожувальних конструкцій проводилось з використанням механічних прогиномірів типу БПАО. Дослідження термодеструкції бетону огорожувальних конструкцій під час пожежі виконувалось з використанням методів акустичної емісії. Визначення міцності бетону огорожувальних та несучих конструкцій проводилось склерометром конструкції Хмельницького тресту спецбудмонтаж перед випробуванням та після

випробувань, крім того, з конструкцій були висвердлені керни для випробування бетону до та після пожежі. Визначали вологість бетону огорожувальних конструкцій приладом “Greisinger”. Випробування будівлі передбачало ініціацію трьох пожеж: дослід 1 – пожежа в кімнаті першого поверху; дослід 2 – пожежа в кімнаті другого поверху, дослід 3 – пожежа на сходовому майданчику між першим та другим поверхами. Результати досліджень натурних випробувань на вогнестійкість будівель та споруд, проведених за кордоном, наведено у таблиці.

Найзначнішою працею [9] в останні роки є пожежні випробування каркаса в Кардінгтоні (Великобританія), проведені на 8-поверховому композитному сталевому каркасі, що дало змогу проводити великомасштабні випробування. Каркас був підданий шести повномасштабним вогневим випробуванням (2 BRE та 4 British Steel (зараз CORUS)), що давало можливість спостерігати та реєструвати поведінку конструкції впродовж пожежі.



а)

б)

Рис. 3. Загальний вигляд каркаса (а) та пожежений відсік під час випробувань “British Steel Test 4”: пожежа в офісі (б) [9]

Університет в Единбурзі у співпраці з British Steel та Imperial College виконали дослідницький проект для моделювання поведінки конструкцій у чотирьох випробуваннях British Steel з використанням методу кінцевих елементів. Була розроблена числова модель, придатна для прогнозування поведінки конструкцій сучасних багатоповерхових композитних сталевих каркасів будівель впродовж реальної пожежі у відсіку. Найважливішим результатом є пояснення та розуміння поведінки конструкцій відповідно до пожежі.

Висновки. Характер руйнування конструкцій у печах для випробувань на вогнестійкість відрізняється від руйнування подібних елементів як частин статично невизначених рам у реальних умовах. На практиці під час проектування конструкцій обмежувалися аналізом поведінки окремого елемента під час випробувань на вогнестійкість. Майбутнє проектування на вплив пожежі полягає в оцінці цілої конструкції під час пожежі. Воно повинно включати натуральну вогневу експозицію, розрахунок теплопередачі, поведінку рамної конструкції загалом, ідентифікації взаємного впливу усіх елементів конструкції у зоні пожежі та “холодних” елементів, які знаходяться ззовні огороження відсіка.

1. ISO 834-1. *Fire-Resistance Tests – Elements of Building Construction. – Part 1: General Requirements.* 2. СТ СЭВ 1000-78. *Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.* 3 NFPA 251. *Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Materials.* 4 BS 476-10:2009. *Fire tests on building materials and structures. Guide to the principles, selection, role and application of fire testing and their outputs.* 5. ДСТУ Б В.1.1-18:2007. *Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги.* 6. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. *Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на*

вогнестійкість. Загальні вимоги. 7. Шналь Т.М., Коваль М.С., Демчина Б.Г., Коваль П.М., Кархут І.І. Повномасштабні пожежні випробування фрагмента великопанельної будівлі // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – 2008. – № 600. 8. Wang Y.C. Steel and composite structures, Behaviour and design for fire safety // Spon Press. – London, 2002, ISBN 0-415-24436-6. 9. Wald F., Simões da Silva L., Moore D.B., Lennon T. Experiment with Structure Under Natural Fire.

УДК:69.057:693.056

М.Р. Щеглюк

Національний університет «Львівська політехніка»,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ВТРАТИ НАПРУЖЕННЯ ЗА НАТЯГУ АРМАТУРИ В УМОВАХ БУДІВНИЦТВА

© Щеглюк М.Р., 2010

Досліджено та запропоновано нову методику розрахунку втрат напруження в арматурі за електротермічного її натягу в умовах будівництва. Ці втрати залежать від прийнятої технології напруження і анкерування арматури та істотно впливають на енергетичні та якісні показники технологічного процесу.

Ключові слова: арматура, втрати напруження, натяг, залізобетон.

The new calculation procedure of tension waste in an armature at its electro-thermal tendon jacking in the conditions of building industry is investigated and offered. These waste depend on the accepted technology of the armature tension and anchorage, substantially influence on the power and quality attributes of technological process.

Keywords: armature, tension waste, tendon jacking, reinforced-concrete.

Постановка проблеми. Для виготовлення великопрогонових залізобетонних конструкцій в умовах будівництва застосовують електротермічне напруження арматури. Технологія напруження арматури, а також виробничі, енергетичні та якісні показники залежать від прийнятого способу її анкерування. Важливим технологічним параметром є величина створеного попереднього напруження в арматурі, на яку також істотно впливає прийнята технологія закріплення нагрітої електричним струмом арматури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз втрат попереднього напруження залежно від способу виготовлення залізобетонної конструкції й натягу арматури, їх розрахунок та рекомендації для зменшення втрат наведені в [1]. Оскільки [1] є документом, обов'язковим для виконання у будівництві, ці рекомендації використовувалися в усіх публікаціях на цю тему. Рекомендації та розрахунок втрат напруження наводяться для залізобетонних конструкцій, які виготовляють у заводських умовах.

Мета роботи: 1) проаналізувати та дослідити втрати напруження в арматурі за її електротермічного натягу в умовах будівництва;

2) запропонувати нову методику розрахунку втрат напруження в арматурі за її електротермічного натягу в умовах будівництва.

Виклад основного матеріалу. Попереднє напруження арматури в умовах будівництва дало змогу ширше використовувати статично невизначені системи з застосуванням збірних, збірно-монолітних і монолітних залізобетонних конструкцій під час спорудження будівель і споруд, а