

УДК 69.059.22:699.8

DOI: 10.30838/P.SMM.2415.250918.305.170

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ЗІ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ ПРИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВАХ

МАЛАДИКА І.Г.¹, к.т.н., доц.ШКАРАБУРА І.М.², ад'юнкт

¹ Кафедра пожежної тактики і аварійно-рятувальних робіт, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, 18034, м. Черкаси, Україна, тел. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

² Кафедра пожежної тактики і аварійно-рятувальних робіт, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, 18034, м. Черкаси, Україна, тел. +38 (068) 682-93-71, e-mail: shkgg.13@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3882-7623

Мета. Розробка заходів для забезпечення несучої здатності сталевих конструкцій будівель і споруд, що несе, при дії силових і високотемпературних чинників, можливості продовження терміну експлуатації або необхідності зміни вогнезахисних заходів. **Методика.** Аналіз стану основних фондів, технічного обладнання систем життєзабезпечення в Україні та надзвичайних ситуацій, що мали місце на них останнім часом, свідчить про їх критичний стан. Для подальшої безпечної експлуатації будівель та споруд, в тому числі, зі сталевим каркасом, необхідно проводити постійну діагностику конструкцій, визначати контрольовані параметри конструкцій (характеристики міцності та деформативності матеріалів, прогини та переміщення конструкцій), розробляти методи розрахунку і способи захисту конструкцій у відповідності до вимог чинних нормативних документів, в тому числі, від температурних впливів. Викладено методичні підходи відносно розрахунку сталевих конструкцій на температурні впливи. Для теплотехнічного розрахунку окремої конструкції враховують розташування проектно пожежі відносно цієї конструкції. **Результати.** Оскільки розвиток пожежі призводить до нерівномірного нагрівання, зниження характеристик матеріалів і руйнування несучих конструкцій, стінового огороження, складованих матеріалів і устаткування, необхідно встановити закон зміни фізико-механічних характеристик матеріалів конструкцій шляхом відповідних лабораторних випробувань зразків металу при нагріві до різних температур. **Наукова новизна.** Приведені пропозиції відносно визначення розрахункової несучої здатності сталевих конструкцій при спільній дії силових і температурних чинників, дані пропозиції по обґрунтуванню можливості їх подальшої експлуатації. Розрахунки конструкцій необхідно проводити з урахуванням деформованого стану, що змінюється при нагріві, і фізико-механічних характеристик матеріалів елементів конструкцій. **Практична значимість.** Запропонована методика дозволяє вирішити наступні задачі: розробити комплекс взаємоз'язаних заходів відносно визначення параметрів напружено-деформованого стану при спільній дії силових і температурних чинників; встановити величини параметрів і критерії технічного стану сталевих конструкцій, будівель та споруд в цілому за результатами розрахунків; розробити моделі і методи розрахунку напружено-деформованого стану, який виникає в ході розвитку пожежі.

Ключові слова: сталеві конструкції; несуча здатність; силові та температурні впливи; параметри технічного стану конструкцій; вогнестійкість.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ ПРИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

МАЛАДЫКА И.Г.¹, к.т.н., доц.ШКАРАБУРА И.М.², адъюнкт

¹ Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, ул. Оноприенка, 8, 18034, Черкассы, Украина, тел. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

² Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, ул. Оноприенка, 8, 18034, Черкассы, Украина, тел. +38 (068) 682-93-71, e-mail: shkgg.13@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3882-7623

Цель. Разработка мероприятий для обеспечения несущей способности стальных конструкций зданий и сооружений при действии силовых и высокотемпературных факторов, возможности продолжения срока эксплуатации или необходимости изменения огнезащитных мероприятий. **Методика.** Анализ состояния основных фондов, технического оборудования систем жизнеобеспечения в Украине и чрезвычайных ситуаций, которые имели место на них в последнее время, свидетельствует об их критическом состоянии. Для дальнейшей безопасной эксплуатации зданий и сооружений со стальным каркасом

необходимо проводить постоянную диагностику конструкций, определять контролируемые параметры конструкций (характеристики прочности и деформативности материалов, прогибы и перемещения конструкций), разрабатывать методы расчета и способы защиты конструкций в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, в том числе, от температурных воздействий. Изложены методические подходы относительно расчета стальных конструкций на температурные воздействия. Для теплотехнического расчета отдельной конструкции учитывают расположение проектного пожара относительно этой конструкции. **Результаты.** Поскольку развитие пожара приводит к неравномерному нагреванию, снижению характеристик материалов и разрушению несущих конструкций, стенового ограждения, складываемых материалов и оборудования, необходимо установить закон измерения физико-механических характеристик материалов конструкций путем соответствующих лабораторных испытаний образцов металла при нагреве до разных температур. **Научная новизна.** Приведены предложения относительно определения расчетной несущей способности стальных конструкций при совместном действии силовых и температурных факторов, даны предложения по обоснованию возможности их дальнейшей эксплуатации. Расчеты конструкций необходимо проводить с учетом изменяющегося при нагреве деформированного состояния и физико-механических характеристик материалов элементов конструкций. **Практическая значимость.** Предложенная методика позволяет решить следующие задачи: разработать комплекс взаимосвязанных мероприятий относительно определения параметров напряженно-деформированного состояния при совместном действии силовых и температурных факторов; установить величины параметров и критерии технического состояния стальных конструкций, зданий и сооружений в целом по результатам расчетов; разработать модели и методы расчета напряженно-деформированного состояния, которое возникает в ходе развития пожара.

Ключевые слова: стальные конструкции; несущая способность; силовые и температурные воздействия; параметры технического состояния конструкций; огнестойкость.

BEARING STRENGTH OF CONSTRUCTIONS OF BUILDING AND BUILDING WITH STEEL FRAMEWORK AT HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

MALADYIKA I. G.¹, *Ph.D. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHKARABURA I.M.², *Postgraduate Student*

¹ The firefighting tactics and rescue operations department, , Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of National University of Civil Defense of Ukraine, Head, 8, Onoprienko st., Cherkassy, Ukraine, tel. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

² The firefighting tactics and rescue operations department, , Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of National University of Civil Defense of Ukraine, Head, 8, Onoprienko st., Cherkassy, Ukraine, tel. +38 (068) 682-93-71, e-mail: shkkgg.13@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3882-7623

Purpose. Development of measures for providing of load-bearing capacity of steel structures of building and building at the action of power and high temperature factors, renewal of term of exploitation or necessity of change of fireproof measures option. **Method.** The analysis of the state of capital assets, technical equipment of the systems of life-support in Ukraine and emergencies which took place on them lately, testifies to their critical condition. For further safe exploitation of building and building with steel framework it is necessary to conduct permanent diagnostics of constructions, determine the controlled parameters of constructions (descriptions of durability and deformability of materials, bending and moving of constructions), develop the methods of calculation and methods of defence of constructions in accordance with the requirements of operating normative documents, including, from temperature influences. Methodical approaches are expounded in relation to the calculation of steel constructions on temperature influences. For the heating engineering calculation of separate construction take into account the location of project fire in relation to this construction. **Results.** As development of fire results in the uneven heating, decline of descriptions of materials and destruction of load carrying structures, wall protection, warehoused properties and equipment, it is necessary to set the law of measuring of Physical and mechanical properties of materials of constructions by the corresponding alpha tests of standards of metal at heating to the different temperatures. **Scientific novelty.** Resulted suggestion in relation to determination of calculation bearing strength of steel constructions at the united action of power and temperature factors, given suggestion on the ground of possibility of their further exploitation. The calculations of constructions must be conducted taking into account the changing at heating deformed state and Physical and mechanical properties of materials of elements of constructions. **Practical meaningfulness.** The offered methodology allows to decide next tasks: to work out the complex of associate measures in relation to determination of parameters of the tensely-deformed state at the united action of power and temperature factors; to set the sizes of parameters and criteria of the technical state of steel constructions, building and building on the whole on results calculations; to work out models and methods of calculation of the tensely-deformed state which arises up during development of fire.

Keywords: steel structures, load-bearing capacity, power and temperature effects, parameters of the technical state of constructions, fire resistance.

Постановка проблеми

В сучасній практиці будівництва сталеві конструкції мають широке використання. Це пояснюється тією обставиною, що сталь має високу міцність, надійно працює при різних видах навантаження, відповідає вимогам довговічності (за умов використання надійних засобів захисту). Сталеві конструкції індустріальні, тобто виготовляються на спеціалізованих заводах. Окремі елементи, конструкції (відправні марки) транспортуються до місця будівництва, монтуються та встановлюються у проектне положення з використанням підйомно-транспортних засобів.

Надійність будівельних конструкцій повинна бути забезпечена відповідно до вимог чинних нормативних документів. При проектуванні конструкцій повинні бути забезпечені експлуатаційна придатність і безпека протягом строку експлуатації, який визначається в завданні на проектування. Окрім цього, проектування конструкцій необхідно виконувати з урахуванням вимог до охорони навколишнього середовища, а також інших особливих умов, наведених у завданні на проектування [1].

Основні вимоги щодо проектування сталевих конструкцій викладено в розділі 5 ДБН В.2.6-198:2014 [1]. При проектуванні необхідно:

- забезпечувати надійність конструкцій за рахунок виконання вимог до вибору матеріалів, конструювання та розрахунків;
- приймати конструктивні рішення, що забезпечують міцність, жорсткість, стійкість і просторову незмінюваність будівель та споруд у цілому та їх окремих елементів під час транспортування, монтажу та експлуатації, при цьому передбачаючи в'язі залежно від основних параметрів будівлі та режиму її експлуатації (конструктивної схеми, прольотів, типів кранів та режимів їх роботи, температурних впливів тощо);
- передбачувати заходи щодо забезпечення довговічності конструкцій та захисту їх від корозії, впливу вогню і тепла, зносу та стирання;
- враховувати вимоги чинних нормативних документів стосовно забезпечення міцності та стійкості несучих конструкцій в умовах пожежі;
- передбачувати технологічність виготовлення та монтажу конструкцій;
- забезпечувати складальність конструкцій розрахунком точності геометричних параметрів зі встановленням необхідності контрольного чи загального складання або використанням регулювальних пристроїв;
- враховувати відхилення від проектних розмірів і геометричної форми елементів конструкцій, які допускаються під час виготовлення та зведення;
- встановлювати методи та обсяги контролю під час виготовлення та зведення конструкцій, а також у процесі їх експлуатації, включаючи, за необхід-

ності, виконання випробувань окремих елементів, вузлів, з'єднань і конструкцій у цілому, а також, за необхідності, встановлення контрольно-сигнальних систем чи інших засобів моніторингу;

- передбачати можливість огляду, обстеження та діагностики, а також проведення профілактичних і ремонтних робіт. За необхідності передбачати для цього ходові сходи та площадки, спеціальні пристосування (столики, провущини, фіксатори тощо) для забезпечення можливості кріплення постійних і тимчасових пристосувань, а також пристосувань для встановлення засобів діагностики технічного стану конструкцій у процесі експлуатації.

В Україні прийнято ряд документів, в яких встановлено обов'язкові вимоги безпеки, в тому числі пожежної, в будівництві (стосовно будівель зі сталевим каркасом): ДБН В.2.6-198:2014 [1], ДБН В.1.2-2:2006 [2], ДБН В.1.1-7:2016 [3], ДСТУ Б В.1.1-4-98* [4], ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5] тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Температурні впливи і кліматичні дані району будівництва слід приймати згідно з вимогами розділу 11 ДБН В.1.2-2:2006 [2]. Розрахункові технологічні температури необхідно встановлювати завданням на розроблення будівельної частини проекту.

Згідно з розділом 11 ДБН В.1.2-2:2006 [2], температурні кліматичні впливи є змінними впливами, для яких встановлено три розрахункові значення:

- граничне розрахункове значення;
- експлуатаційне розрахункове значення;
- квазіпостійне розрахункове значення.

Як показують результати досліджень [6, 7 та ін.] безпечна експлуатація будівель та споруд зі сталевим каркасом можлива за умови проведення постійної діагностики, визначення контрольованих параметрів конструкцій (характеристик міцності та деформативності матеріалу, прогинів та переміщень конструкцій).

Виділення невирішених раніше проблем

Визначення параметрів температурного впливу необхідно виконувати у відповідності до вимог розділу 11 ДБН В.1.2-2:2006 [2].

Незважаючи на наявність вимог щодо врахування температурних впливів на практиці часто цими вимогами нехтують, що призводить до значних економічних збитків.

Необхідно проводити дослідження з метою визначення розрахункової несучої здатності сталевих конструкцій при спільній дії силових і температурних чинників. Розрахунки конструкцій необхідно проводити з урахуванням деформованого стану, що змінюється при нагріві, і фізико-механічних характеристик матеріалів елементів конструкцій, а за результатами

розрахунків розробляти способи захисту конструкцій у відповідності з вимогами чинних нормативних документів, в тому числі, від температурних впливів.

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що нехтування вимогами чинних нормативних документів на практиці стосовно розрахунку та проектування сталевих конструкцій (в тому числі, на температурні впливи) може призвести до порушень нормальної експлуатації, а в окремих випадках – і до обвалення конструкцій.

Формулювання мети статті

Розробка заходів для забезпечення несучої здатності сталевих конструкцій будівель і споруд, що несе, при дії силових і високотемпературних чинників, можливості продовження терміну експлуатації або необхідності зміни вогнезахисних заходів.

Викладення основного матеріалу

При проектуванні будівель та споруд межу вогнестійкості незахищених сталевих конструкцій з приведеною товщиною металу в 10 мм допускається приймати такою, що дорівнює 15 хв. Значення ж необхідних меж вогнестійкості основних будівельних конструкцій, у тому числі металевих, складають від 15 до 150 хв. в залежності від ступеню вогнестійкості будівлі та типу конструкцій. Таким чином, більшість незахищених сталевих конструкцій задовольняють лише вимогам по межі вогнестійкості 15 хв. Це дозволяє зробити висновок про те, що сфера застосування металевої конструкції обмежена по вогнестійкості, оскільки не виконується умова безпеки – $R_f \geq R_u$ [1, 2, 6], де R_f, R_u – відповідно фактичний і нормований для відповідної конструкції клас вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності.

Ця умова безпеки є основним критерієм обґрунтування необхідності вогнезахисту металевих конструкцій, тобто якщо $R_f \geq R_u$ – то вогнезахист не потрібний, а при $R_f < R_u$ – вогнезахист потрібний.

Розрахункові методи визначення вогнестійкості мають бути підтверджені відповідними випробуваннями конструкцій. Випробування виконуються у послідовності, яку регламентовано вимогами відповідних нормативних документів [7, 8, 9 та ін.]. Граничним станом з вогнестійкості сталевих конструкцій за ознакою втрати несучої здатності (ознака R) є перевищення середньої температури сталевих колон значення її початкової температури на 480°C .

В таблиці 1 і на рис. 2 ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5] наведено коефіцієнти зниження для вуглецевої сталі за підвищеної температури. Так, коефіцієнт зниження для розрахунку границі текучості дорів-

нює 1 при температурі 400 градусів Цельсія і 0,78 – при температурі 500 градусів Цельсія. Коефіцієнт зниження для границі пропорційності при температурі 100 градусів Цельсія становить 1, а при температурі 500 градусів Цельсія – становить 0,36.

Таку властивість сталі необхідно враховувати як при розрахунках на температурні впливи, так і при проведенні експериментальних досліджень з метою визначення вогнестійкості конструкцій.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-4-98* [4], фактичні межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначаються при дії нормативних навантажень (приймаються характеристичні значення величин навантажень згідно ДБН В.1.2-2:2006 [2]). Величини нормативних навантажень встановлюються залежно від призначення конструкцій і умов їх експлуатації.

Згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5], розрахунок будівельних конструкцій на вогнестійкість (окремої конструкції, частини конструктивної системи або конструктивної системи в цілому) враховує такі етапи:

- вибір проектних сценаріїв пожежі;
- визначення відповідних температурних режимів пожежі;
- розрахунок підвищення температури в будівельних конструкціях;
- розрахунок механічної роботи будівельних конструкцій в умовах пожежі.

Розрахунок будівельних конструкцій на вогнестійкість включає прикладання впливів для теплового аналізу та впливів для механічного аналізу.

Навантаження і впливи на будівлі та споруди внаслідок пожежі класифікують як випадкові (аварійні).

Для визначення аварійної проектної ситуації на основі оцінки пожежного ризику визначені відповідні проектні сценарії пожежі та температурні режими, що пов'язані з ними.

Для конструкцій з особливим ризиком виникнення пожежі внаслідок інших аварійних впливів, цей ризик розглядають при визначенні загальної концепції безпеки.

Перевірку вогнестійкості виконують згідно вимог п. 5.5.2 ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5].

Для визначення вогнестійкості сталевих колон випробуванням піддаються зразки сталевих колон висотою не менше 2 (двох) метрів за ДСТУ Б В.1.1-14:2007 [7] з різними рівномірно розподіленими товщиною облицювання, що знаходяться в межах діапазону, які рекомендовано виробником (замовником). Мінімальна кількість колон, що випробуються, повинна бути:

- 4 (чотири), коли відношення максимального значення товщини облицювання до мінімального значення менше 1,5, а саме 2 пари по два однакових зразка колон з однаковою товщиною облицювання;

- 6 (шість), коли таке відношення не більше 3, а саме 3 пари по два однакових зразка колон з однаковою товщиною облицювання;

- 8 (вісім), коли таке відношення більше 3, а саме 4 пари по два однакових зразка колон з однаковою товщиною облицювання;

Оцінювання результатів випробувань проводиться методом лінійної числової регресії за додатком Ж ДСТУ Б В.1.1 – 17:2007 [9] з урахуванням незмінної зведеної товщини колони, проектної температури 500 °С (приріст температури відносно початкової на 480 °С) та різної товщини облицювання. Рівняння лінійної числової регресії може бути розширено на складову $a_8 d_p^2$ (враховує нелінійність залежності вогнестійкості від товщини облицювання).

В якості прикладу розглянемо випробування сталевих колон (6 шт.) двотаврового перерізу зведеною товщиною 3,4 мм, на які було нанесено вогнезахисне покриття (облицювання) із плит вогнезахисних «Аммокоте FB-300», виробництва ТОВ «КОВЛАР ГРУП» [10]. Сталеві колони мали двотавровий переріз з профілю №20 за ГОСТ 8239-89 зведеною товщиною 3,4 мм (коробчатою зведеною товщиною - 4,5 мм).

Зразки №1 та №2 були облицьовані в один шар з плит «Аммокоте FB-300» завтовшки 25 мм. Зразки №3 та №4 були облицьовані у один шар з плит «Аммокоте FB-300» завтовшки 30 мм. Зразки №5 та №6 були облицьовані у два шари з плит «Аммокоте FB-300» завтовшки 30 мм (загальна товщини облицювання - 60 мм).

Закріплення плит на колонах між собою здійснювалося у торці за допомогою саморізів (крок 200 мм) з нанесенням (на торці) клею «Аммокоте КС» шаром 1 мм.

До нанесення облицювання на кожній колоні згідно до ДСТУ Б В.1.1-14:2007 [7] встановлювалося по три термопари ТХА.

Для випробувань використовувались спеціальна випробувальна піч №2 та спеціальні засоби вимірювальної техніки.

Температура та надлишковий тиск у печі відповідали вимогам, що регламентовані стандартом. Надлишковий тиск у печі на 5-й хв. складав 8 Па, а починаючи з 10-ї хв. – 12 Па.

Обробка результатів випробувань здійснена згідно з додатком Ж ДСТУ Б В.1.1 – 17:2007 [9]. Обробці піддавалися одночасно результати випробувань зразків №1 - №6.

Рівняння для приросту температури $\Delta T=480$ °С (проектна температура 500 °С) має вигляд [10]:

$$t = 60,965 - 0,2896 \times d + 0,043907 \times d^2. \quad (1)$$

де d – товщина облицювання, мм.

На основі проведених досліджень рекомендовані відповідні значення товщин облицювання з плит «Аммокоте FB-300», які забезпечують певні класи вогнестійкості (R) сталевих колон зведеною тов-

щиною металу не менше 3,4 мм для діапазону проектних температур 350 ... 525 °С.

В рекомендаціях враховано розширення діапазонів товщин облицювання $d \pm 5\%$ та проектних температур $T + 5\%$ згідно вимог п. 13.2 ДСТУ Б.В.1.1-17:2007 [9].

В якості приклада нехтування основними вимогами щодо проектування сталевих конструкцій (будівлю побудовано на початку 21 століття) можна привести руйнування конструкцій складської будівлі зі сталевим каркасом внаслідок пожежі [11].

Будівля складу комплексу по зберіганню продуктів харчування являла собою окремо розташовану різноповерхову споруду прямокутної форми в плані загальними розмірами 120×48 м. В поперечному напрямку будівля являла собою одноповерхову двопрогону споруду зі сталевим каркасом розмірами в плані в осях 108×48 м, яка є складом для зберігання продуктів харчування. Висота до низу конструкцій становить 5,25 м.

Каркас цієї частини будівлі змонтовано зі сталевих конструкцій комплектної поставки фірми ZAMIL STEEL. Зовнішні стіни було виконано з сандвіч-панелей з утеплювачем із пінополіуретану. Покрівля плоска, з незначним ухилом по металевих профільованих листах. Ступінь вогнестійкості конструкцій – III а.

Просторова жорсткість конструкцій цієї частини будівлі повинна була забезпечуватися за допомогою шарнірно з'єднаних з фундаментами колон, балок покриття, які жорстко з'єднано з оголовками колон, балок-розпірок для встановлення на них технологічного обладнання на даху, вертикальних і горизонтальних в'язів, які виконано зі сталевих канатів, та інших елементів каркасу.

В квітні 2016 року зранку в будівлі складу сталася пожежа. Внаслідок пожежі конструкції будівлі в осях К-Т/14-22 було зруйновано.

Розвиток пожежі призвів до нерівномірного нагрівання та руйнування конструкцій, стінового огороження, складованих матеріалів, обладнання [11].

Колони, балки покриття, прогони, стінове огороження і покрівля в осях К-Т зазнали суттєвих руйнувань. Технічний стан цих конструкцій (в чинних нормативних документах [12] немає опису такого технічного стану), можна розглядати як такий, що унеможливило їхню подальшу експлуатацію. Конструкції в осях К-Т було демонтовано.

За результатами розрахунку зроблено висновки:

- міцність, стійкість і жорсткість елементів рами не забезпечуються;

- подальша експлуатація конструкцій будівлі можлива за умови розробки проекту підсилення конструкцій будівлі та виконання підсилення в натурі.

Висновки

1. Розрахунок будівельних конструкцій на вогнестійкість (окремої конструкції, частини конструктивної системи або конструктивної системи в цілому) необхідно виконувати у відповідності з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5].

2. Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності для сталевих конструкцій, які випробуються під навантаженням, є обвалення зразка або виникнення граничних значень температур для сталі колон із вогнезахисним облицюванням. При цьому, за температуру, при якій арматура (сталь конструкцій) не може виконувати свої функції, приймають температуру 500 градусів Цельсія, що не можна розглядати як постулат, оскільки характеристики сталі при нагріванні можуть мати значно менші значення в порівнянні з тими, які має сталь при кімнатній температурі. З огляду на вищевикла-

дене, рекомендується проводити випробування також статей на міцність при розігріванні до 500 градусів Цельсія.

3. Розрахунок будівельних конструкцій на вогнестійкість включає прикладання впливів для теплового аналізу та впливів для механічного аналізу.

4. В ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [5] наведено настанови щодо розрахунку та прийняття заходів для забезпечення вогнестійкості конструкцій, але не наведено вимог щодо визначення технічного стану сталевих конструкцій будівель та споруд і необхідності його регулювання після впливу високих температур при пожежі.

5. Для сталевих конструкцій необхідно розробити методи визначення параметрів вогнезахисних заходів для забезпечення тривалої та надійної експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014 – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України Київ, 2014. – 199 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – Офіц. вид. – К. : Мінбуд України, 2006. – 60 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
3. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіон України, 2017. – 35 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги : ДСТУ Б В.1.1-4-98*. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2005. – 19 с. – (Захист від пожежі. Національний стандарт України).
5. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість : ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 147 с. – (Національний стандарт України).
6. Мосалков И. Л. Огнестойкость строительных конструкций / И. Л. Мосалков, Г. Ф. Плюснина, А. Ю. Фролов. – М. : Спецтехника, 2001. – 484 с.
7. Колони. Метод випробування на вогнестійкість: ДСТУ Б В.1.1-14:2007 (EN 1365-4:1999, NEQ). – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 20 с. – (Національний стандарт України).
8. Балки. Метод випробування на вогнестійкість: ДСТУ Б В.1.1-13:2007 (EN 1365-3:1999, NEQ). – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 10 с. – (Національний стандарт України).
9. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих сталевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності: ДСТУ Б В.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ). – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 65 с. – (Національний стандарт України).
10. Маладика І.Г. Практичні методи визначення вогнестійкості сталевих конструкцій / І.Г. Маладика, І.М. Шкарабура / Збірник наукових праць Донбаського державного технічного університету. – Лисичанськ: Вид-во ДонДТУ, 2017. – Вип. 47. – С. 74–80.
11. Голоднов О.І. Про необхідність розрахунку будівель зі сталевим каркасом на температурні впливи / О.І. Голоднов, Т.В. Антошина та ін. // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Видавництво «Сталь», 2017. – №20. – С. 65–84.
12. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються : ДСТУ Б В.2.6-210: 2016. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіон України, 2016. – 53 с. – (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia: DBN V.2.6-198:2014. Ofits. vyd. K. : Minrehionbud Ukrainy Kyiv, 2014. 199 s. – (Derzhavni budivel'ni normy Ukrainy).
2. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia : DBN V.1.2-2:2006. Ofits. vyd. K. : Minbud Ukrainy, 2006. 60 s. (Systema zabezpechennia nadijnosti ta bezpeky budivel'nykh ob'iektiv. Derzhavni budivel'ni normy Ukrainy).
3. Pozhezna bezpeka ob'iektiv budivnytstva. Zahal'ni vymohy : DBN V.1.1-7:2016. Ofits. vyd. – K. : Minrehion Ukrainy, 2017. 35 s. (Derzhavni budivel'ni normy Ukrainy).
4. Budivel'ni konstruktsii. Metody vyprobuvan' na vohnestijkist'. Zahal'ni vymohy : DSTU B V.1.1-4-98*. Ofits. vyd. K. : Derzhbud Ukrainy, 2005. 19 s. (Zakhyst vid pozhezhi. Natsional'nyj standart Ukrainy).
5. Proektuvannia stalevykh konstruktsij. Rozrakhunok konstruktsij na vohnestijkist' : DSTU-N B V.2.6-211:2016. Ofits. vyd. K. : Minrehionbud Ukrainy, 2016. 147 s. (Natsional'nyj standart Ukrainy).
6. Mosalkov Y. L. Ohnestojkost' stroytel'nykh konstruktsij [Fire resistance of building structures]. Y. L. Mosalkov, H. F. Plusnyina, A. Yu. Frolov. M. : Spetstekhnyka, 2001. 484 s.

7. Kolony. Metod vyprobuvannia na vohnestijkist': DSTU B V.1.1-14:2007 (EN 1365-4:1999, NEQ). Ofits. vyd. – K. : Minrehionbud Ukrainy, 2007. 20 s. (Natsional'nyj standart Ukrainy).

8. Balky. Metod vyprobuvannia na vohnestijkist': DSTU B V.1.1-13:2007 (EN 1365-3:1999, NEQ). Ofits. vyd. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 10 s. (Natsional'nyj standart Ukrainy).

9. Vohnezakhysni pokryttia dlia budivel'nykh nesuchykh metalovykh konstruksij. Metod vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnos-ti: DSTU B V.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ). Ofits. vyd. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 65 s. (Natsional'nyj standart Ukrainy).

10. Maladyka I.H. Praktychni metody vyznachennia vohnestijkosti stalevykh konstruksij [Practical methods for the designation of steel constructions]. I.H. Maladyka, I.M. Shkarabura. Zbirnyk naukovykh prats' Donbas'koho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu. – Lysychans'k: Vyd-vo DonDTU, 2017. Vyp. 47. S. 74–80.

11. Holodnov O.I. Pro neobkhidnist' rozrakhunku budivel' zi stalevym karkasom na temperaturni vplyvy [On the need to calculate buildings with a steel frame for temperature effects]. O.I. Holodnov, T.V. Antoshyna ta in. Zbirnyk naukovykh prats' Ukrain'skoho instytutu stalevykh konstruksij imeni V.M. Shymanov's'ko-ho. K.: Vydavnytstvo «Stal'», 2017. №20. S. 65–84.

12. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivel'nykh konstruksij, scho ekspluatuiut'sia : DSTU B V.2.6-210: 2016. Ofits. vyd. K. : Minrehion Ukrainy, 2016. 53 s. (Natsional'nyj standart Ukrainy).

Надійшла до редколегії 10.10.2018 р.