

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

на правах рукопису

ДУБИНА ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

МІЦНІСТЬ ПІД ЧАС КРИХКОГО РУЙНУВАННЯ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕРМІЧНО
ЗМІЦНЕНОЇ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ З
ВРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНОЇ ФОРМИ
ТА МАСШТАБНОГО ЕФЕКТУ

Спеціальність 05.23.01 - будівельні конструкції,
будівництво та споруди

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеню
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1993

№ 26.87

Роботу виконано на кафедрах технології металів та металевих та дерев'яних конструкцій Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту.

Наукові керівники:

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825920 (Q)

доктор технічних наук,
член АН України
Большаков;
доктор технічних наук,
заслужений діяч науки та техніки України,
професор
Л.В.Сільвестров

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
професор
М.Л.Чернов
(Одеський ІБІ)
кандидат технічних наук,
доцент
Є.П.Лук'яненко
(Дніпропетровський ЗМК ім.Бабушкіна)

Провідна організація:

Арендне підприємство Дніпропроектстальконструкція.

Захист відбудеться "31" березня 1993 року о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради К 068.32.01 Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту за адресою:
320005, г.Дніпропетровськ, вул.Чернишевського 24-а, ДІБІ.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "25" лютого 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
к.т.н., доцент

В.Л.Сєдін

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Розвиток металобудівництва пов'язан з необхідністю підвищення надійності будівельних конструкцій, яка забезпечується адекватністю методів їх проєктування та розрахунку, якістю виготовлення та монтажу, умовами експлуатації.

Використання у будівельних металоконструкціях конструктивних форм, що виготовляються з сталей підвищеної міцності, працюють в умовах жорсткого напружено-деформованого стану, зазнають складні комбінації статичних та динамічних навантажень та підлягають впливу суворих кліматичних умов, неминуче знижує надійність та підвищує вимоги до відповідальності конструкцій. При цьому крихке руйнування конструкцій уявляється як найбільш небезпечне.

Традиційно підвищення надійності конструкцій під час можливості їх крихкого руйнування здобувається через використання сталей підвищеної міцності, в'язкості та холодостійкості. Одним з шляхів задоволення цієї потреби є використання термічно зміцнених маловуглецевих сталей. Маючі рівень механічних властивостей, що відповідає широко розповсюдженим у будівництві низьколегированим сталям, термічно зміцнені маловуглецеві сталі дешевші та ефективніші в умовах дефіциту легіруючих елементів, що склався. При цьому дослідження крихкої міцності конструкцій з термічно зміцнених сталей має деякі особливості, і, перед усім, це проявлення масштабного ефекту, що обумовлено нерівномірністю розподілу властивостей термозміцненої сталі по товщині прокату.

Таким чином, проблема вивчення міцності при крихкому руйнуванні будівельних конструкцій з термічно зміцнених маловуглецевих сталей з врахуванням масштабного фактору та забезпеченням надійності їх проєктування та розрахунку є актуальною.

Дисертаційна робота виконувалась як складова частина науково-дослідницьких робіт кафедр металевих конструкцій та технології металів ДІБІ, що були включені до Комплексної програми наукових досліджень та дослідно-промислових робіт по створенню прогресивних процесів виробництва високоміцних зразків прокату та підвищення ефективності їх використання в будівництві Мінчормета України, Галузевої програму розширення виробництва термічно обробленого прокату на період до 2000 року Мінчормета України та Завдання Мінмонтажспецстрою України на проведення найважливіших науково-дослідницьких робіт в 1986-1990 роках.

Мета роботи. Дослідження міцності при крихких руйнуваннях елементів сталевих будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі з врахуванням впливу конструктивної форми та масштабного фактору та розробка методів їх розрахункової оцінки.

Досягнення мети в роботі пов'язано з необхідністю розв'язання таких задач:

- Експериментально обґрунтувати та одержати параметри конструкційної міцності та жорсткості напруженого стану в елементах конструкцій з термічно зміщеною маловуглецевої сталі в залежності від їх конструктивної форми та масштабного ефекту;

- Експериментально дослідити характеристики тріщиностійкості термічно зміщеної маловуглецевої сталі з використанням методів лінійної та нелінійної механіки руйнування та здійснити їх кореляцію з параметрами конструкційної міцності;

- Розробити та адаптувати до діючих норм методичку розрахунку та систему експертної оцінки міцності під час крихких руйнувань елементів сталевих будівельних конструкцій з термічно зміщеною маловуглецевої сталі з врахуванням забезпечення вимог надійності.

Наукова новизна роботи:

1. Отримано експериментальні залежності параметрів міцності та в'язкості, а також впливу масштабного ефекту під час випробувань на ударний вигин та механіку руйнування для листового прокату термічно зміщеної маловуглецевої сталі з врахуванням забезпечення їх вірогідності;

2. Розроблено та здійснено на практиці методичку проведення випробувань велико розмірних зразків та моделей конструкцій з термічно зміщеною маловуглецевої сталі в умовах низьких кліматичних температур, а також отримано експериментальні залежності параметрів міцності та впливу масштабного ефекту для типових конструктивних форм сталевих конструкцій з врахуванням забезпечення їх вірогідності;

3. Розроблено методичку розрахунку та систему експертної оцінки міцності при крихкому руйнуванні елементів сталевих будівельних конструкцій з термічно зміщеною маловуглецевої сталі з врахуванням забезпечення вимог надійності.

Практична цінність дослідження полягає в розробці та втіленні Рекомендацій по виготовленню та розрахунку міцності з врахуванням крихкого руйнування сталевих конструкцій з термічно зміщеного листового прокату з рівнем межі текучості 325 МПа, а також конструкцій з цього прокату обсягом 1 тис. тон.

Апробація роботи. Головні положення та результати дисертаційної роботи докладались та отримали схвалення на науковому семінарі кафедр металевих та дерев'яних конструкцій та технології металів Дніпропетровського інженерно-будівельного інституту, на конференції "Морські споруди континентального шельфу" (Севастополь, 1988), Міжнародному конгресі по промисловому будівництву "Tendepzen 2000" (Лейпціг, 1991), конференції міжнародного товариства по прибережному та полярному інженерингу ISOPE-91 (Едінбург, 1991).

Результати проведених досліджень використовувались у науково дослідницьких роботах "Розробка фізично обґрунтованих критеріїв міцності, в тому числі при крихкому руйнуванні, будівельних сталей після термомеханічної обробки", "Розробка системи експертної оцінки крихкої міцності сталевих будівельних конструкцій", "Дослідити, розробити та організувати на товстостіловому стані 3600 виробництво дослідницько-промислових партій термічно зміцненої маловуглецевої сталі, втілити її на заводах металоконструкцій України", що виконано у Дніпропетровському інженерно-будівельному інституті у 1987-1992 рр..

Публікації. По результатах дисертаційних досліджень надруковано 8 робот.

Обсяг роботи, що складатися з вступу, чотирьох глав, заключення, головних висновків, списку літератури з 200 найменувань та прикладань , включає 120 сторінок машинописного тексту, 10 таблиць та 30 малюнків.

До захисту виносяться:

-Експериментальні залежності параметрів міцності та в'яз кості, а також впливу масштабного ефекту при випробуваннях на ударний вигін та механіку руйнування для листового прокату термічно зміцненої маловуглецевої сталі, що враховують забезпечення вірогідності;

-Методика проведення випробувань великорозмірних зразків та моделей конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі в умовах низьких кліматичних температур та експериментальні залежності параметрів міцності та впливу масштабного ефекту для типових конструктивних форм сталевих конструкцій, що враховують забезпечення вірогідності;

-Методика розрахунку та система експертної оцінки міцності при крихких руйнуваннях елементів будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі, що враховують забезпечення вимог надійності.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступу обґрунтовується важливість та актуальність проблеми вивчення міцності під час крихкого руйнування будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі з врахуванням масштабного фактору та забезпеченням надійності їх проектування та розрахунку.

В першій главі показано, що зміна механізму руйнування з в'язкого на крихкий в сталі обумовлюється станом, в якому вона знаходиться під час певної комбінації зовнішніх та внутрішніх факторів, до яких перед усім належать температура експлуатації, характер навантаження, об'ємність напруженого стану, конструктивно-технологічні фактори, габарити конструкції, а також структура та хімічний склад сталі.

Одним з свідоцтв зростання небезпеки крихкого руйнування конструкцій є змінування розкиду значень параметрів, що визначаються при різних дослідженнях.

Облік розкиду характеристик в методах розрахунку конструкцій тим самим обумовлює підвищення їх надійності.

Обґрунтовано необхідність аналізу методів побудови розрахункових оцінок міцності сталевих будівельних конструкцій. Будь яка методика розрахунку за своєю суттю відображає суб'єктивну думку своїх творців, що до об'єктивних процесів, подій та явищ які відбуваються в конструкціях, та може бути усвідомлена як експертна система (тобто продукт штучного інтелекту), до якої можливо застосовувати відповідні методи побудови та аналізу. Обґрунтовано необхідність аналізу розрахункових критеріїв які використовує система експертної оцінки міцності сталевих будівельних конструкцій.

За підставою аналізу відмов будівельних металоконструкцій, відзначено сенс конструктивної форми як інтегрального фактору крихкого руйнування, що до вивчення крихкої міцності в інженерному застосуванні. Наближеність роботи конструктивних форм до поведінки реальних конструкцій дозволяє висновуватися, що до вірогідності їх експериментальних досліджень та надійності методів розрахункових оцінок, побудованих за їх підставою.

Розглянуто різні аспекти прояви масштабного фактору та його вплив на крихку міцність конструкцій. При цьому встановлено своєрідність впливу ефекта масштабу як "каталізатора" прояви інших факторів крихкого руйнування. Розглянуто особливості реалізації технологічного масштабного ефекту в термічно зміцненому прокаті будівельних сталей, показано доцільність дослідження масштабного ефекту при використанні терміну конструктивних форм низької холодостійкості, як інтегрального фактору крихкого руйнування.

Розглянуто існуючі теорії крихкого руйнування та обґрунтовано можливість побудови системи експертної оцінки впливу масштабного ефекту, опосереджено через крихку міцність конструктивних форм та припустимо до інженерних застосувань, на підставі класичної теорії крихкої міцності. Показано важливість проведення кореляції методів дослідження конструкційної міцності різних рівней та встановлено можливість здійснення в системі експертної оцінки крихкої міцності сталевих конструкцій що використовує комп'ютерну техніку.

В другій главі проведено аналіз методів побудови системи експертної оцінки міцності сталевих будівельних конструкцій з врахуванням можливості їх крихкого руйнування і вимог надійності. Обґрунтовано наступні вимоги, що до методів розрахункових оцінок: (1) розрахункова методика повинна забезпечити певність свого кінцевого продукту, тобто результату розрахунку або експертної оцінки; (2) розрахункова методика має бути адаптована в межах метода граничного стану; (3) критерії розрахункової оцінки повинні відображати дійсні процеси, що відбуваються в матеріалі, та забезпеченість вірогідності своїх умов, що прийнята в розрахунковій мето-

диці; (4) параметричні залежності характеристик несучої здібності матеріала та конструкції, а також їх навантаженості мають враховувати дійсну роботу конструкції та забезпечувати вірогідність, що прийнята в розрахунковій методиці; (5) розрахунок та кшталт представлення його результатів повинні відповідати вимогам ергономічності; (6) вірогідність розрахункової методики визначається повнотою та вірністю інформації, що покладена в її основу.

Проведено аналіз розрахункових критеріїв оцінки крихкої міцності з метою отримання можливості кореляції параметрів міцності та пластичності матеріалу та конструкцій, які отримані під час проведення експериментальних досліджень різних рівней, що до сумісного використання в розрахункових методиках.

Методично розроблено та обгрунтовано експериментальні дослідження впливу конструктивно-технологічних факторів крихкого руйнування на крихку міцність будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі з врахуванням прояви конструкційного масштабного ефекту.

Обгрунтовано та адаптовано до діючих норм методику розрахунку та систему експертної оцінки міцності під час крихкого руйнування елементів сталевих будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі, що до узагальнених конструктивних форм з врахуванням впливу масштабного фактору.

Для побудови системи експертної оцінки та методики розрахунку міцності сталевих будівельних конструкцій під час небезпечності їх крихкого руйнування та врахування вимог забезпечення їх надійності обрано двокритеріальний підхід, а також для експериментального варіювання обгрунтовано фактори крихкого руйнування, що реалізуються розрахунком. Для отримання інформації, що до міцності конструкцій, обгрунтовано та обрано дослідження великорозмірних зразків, що моделюють небезпечні з точки зору крихкого руйнування конструктивні рішення. З метою отримання розвинутої інформації, що до міцності та в'язкості матеріалу дослідження, а також впливу ефекту масштаба, обгрунтовано та обрано випробування на ударний вигін при понижених, кімнатній та підвищеній температурах (ГОСТ 9454-78) та випробування для з'ясування характеристик в'язкості руйнування при статичному навантаженні (ГОСТ 25.506-85).

В третій главі обгрунтовано вибір матеріалу дослідження, яким був товстолистовий прокат термозміцненої з прокатного нагріву маловуглецевої будівельної сталі ВСтЗсп-Т2 по ТУ 14-3521-83, описано засоби її отримання, хімічний склад та механічні властивості по сертифікату.

Дослідження на ударний вигін та механіку руйнування, що були проведені, дозволили виявити вплив змінювання товщини прокату на параметри міцності та в'язкості матеріалу, що традиційно використовуються для оцінки його схильності до крихкого руйнування.

Випробування на ударний вигін проводились для товщин прокату 12,16,20,25 і 30 мм на зразках типу 1 і 11 по ГОСТ 9454-78* з U-подібними та V-подібними нарізами, що було вирізано вздовж напрямку прокатки. Крім того з листів термічно зміцненого прокату товщиною 20 мм було вирізано такі ж зразки поперек напрямку прокатки. Дослідження здійснювались по регламентованій нормами методики, на обладнанні Лабораторії випробування конструкційних матеріалів ДІБІ.

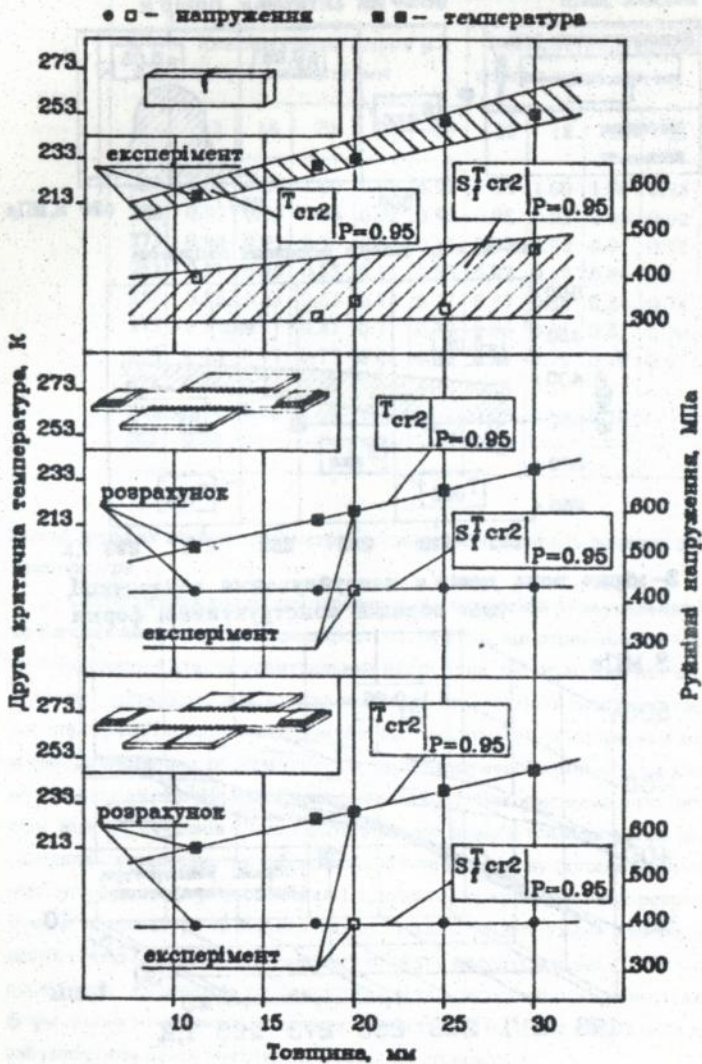
Випробування на триточечний статичний вигін для з'ясування характеристик в'язкості руйнування та тріщиностійкості проводились для товщин прокату 12, 16, 20,25 і 30 мм на плоских прямокутніх зразках типу IV з крайовою тріщиною (ГОСТ 25.506-85), які вирізались з відповідних листів вздовж напрямку прокатки. Для здійснення досліджень спільно з Фізико-механічним інститутом ім.Карпенка АН України було розроблено методику, виготовлено відповідне оснащення та проведені випробування п'яти серій зразків.

Випробування великорозмірних зразків здійснювались згідно з методикою та на обладнанні, що були розроблені в Лабораторії випробування конструкційних матеріалів ДІБІ. Було випробувано дві серії великорозмірних зразків з прокату товщиною 20 мм, що моделювали конструктивне рішення присаднання другорядного елемента до головного несучого, що регламентується нормами проектування (СНиП II-23-81*) для перевірки крихкої міцності. Великорозмірні зразки виготовлялися на Дніпропетровському заводі металоконструкцій ім.Бабушкіна на існуючому обладнанні та згідно типовим технологічним схемам, при цьому забезпечувалась технологічна подібність моделей та реальних конструкцій. Розміри та конструкція зразків забезпечували геометричну, конструкційну та технологічну подібність в зоні конструктивного концентратора.

Для здійснення низькотемпературних досліджень великорозмірних зразків було розроблено та побудовано випробувальний стенд, що дозволяє досягти статичного руйнувального зусилля до 8 МН та підтримувати під час випробувань температуру робочої зони зразку до 153 К.

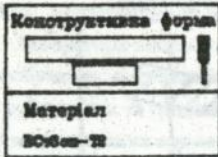
Результати експерименту оброблялися методами математичної статистики для отримання 95-ти відсоткових зон довір'я температурних залежностей характеристик, які досліджувалися згідно усім методикам що використані, а також 95-ти відсоткових інтервалів довір'я критичних температур, відповідно прийнятим у дослідженні критеріям.

Аналіз результатів що отримано дозволяє висновитися про зростання небезпечності крихкого руйнування під час збільшення товщини прокату, свідомством чому є непохильне зміщення 95-ти відсоткових зон довір'я температурних залежностей ударної в'язкості, руйнувальних напружень, критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень та інших характеристик що отримано в бік більш високих температур та

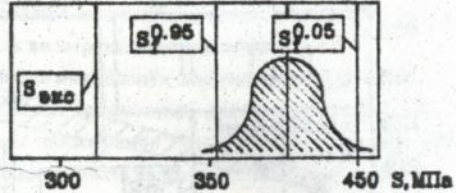


Мал.1

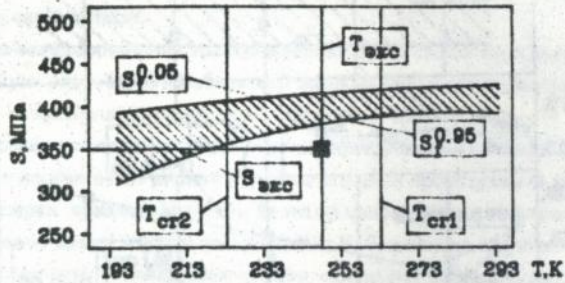
Вхідні дані



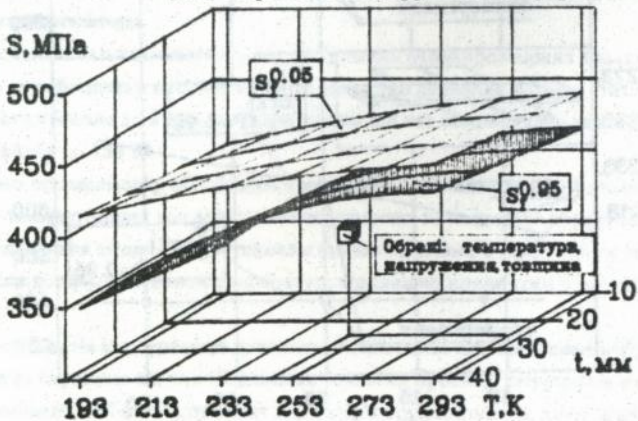
95%-ий інтервал доміря



95%-ва зона доміря руйнівних напружень



3-мірна зона доміря неруйнування конструкції для обрані конструктивної форми



Таблиця 1.

T ^ε , K	Значення коефіцієнту $b^{0.95}$									
	Конструктивна форма Б-1 переріз елементу, мм					Конструктивна форма Б-2 переріз елементу, мм				
	12	18	20	25	30	12	18	20	25	30
293	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95
283	0.98	0.95	0.95	0.91	0.90	0.98	0.95	0.95	0.92	0.91
273	0.96	0.91	0.90	0.87	0.86	0.97	0.92	0.91	0.87	0.85
263	0.91	0.86	0.85	0.81	0.83	0.93	0.87	0.86	0.82	0.83
253	0.86	0.84	0.83	0.75	0.77	0.87	0.84	0.84	0.74	0.77
243	0.84	0.81	0.81	0.71	0.72	0.85	0.81	0.81	0.70	0.72
233	0.82	0.77	0.77	0.66	0.68	0.81	0.79	0.79	0.65	0.69
223	0.78	0.74	0.73	----	----	0.78	0.74	0.73	----	----
213	0.74	0.70	0.69	----	----	0.75	0.71	0.70	----	----
203	0.68	----	----	----	----	0.70	----	----	----	----

більш низьких значень параметрів, а також змінювання їх розкиду зі зниженням температури.

Статистичний аналіз температурних залежностей руйнівальних напружень, критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень, що отримано під час випробувань на тріщиностійкість, та руйнівальних напружень, що отримано під час випробувань великорозмірних зразків, виявив наявність кореляційної залежності між ними та дозволив отримати емпіричні формули, що поєднують ці дослідження між собою, такі ж емпіричні формули отримано для другої критичної температури згідно прийнятому у дослідженні двокритеріальному підходу. Використання в статистичному аналізі нижніх кордонів 95-ти відсоткових зон довір'я температурних залежностей відповідних характеристик забезпечило 95-ти відсоткову ступінь вірогідності коефіцієнтів емпіричних формул. На Мал.1 зображено графіки лінійних регресій другої критичної температури та відповідних руйнівальних напружень в залежності від змінювання товщини термічно зміцненого прокату маловуглецевої сталі ВСтЗсп-Т2 для досліджень параметрів тріщиностійкості та конструкційної міцності конструктивних форм, які були отримані в наслідок статистичної обробки результатів досліджень та забезпечують 95-ти відсоткову ступінь вірогідності.

В четвертій главі показано, що для створення системи експертної оцінки, яка задовольняє обґрунтованим у другій главі вимогам що до побудови розрахункових

методик, можливе використання інформації, яка отримується шляхом статистичної обробки результатів здійснених експериментальних досліджень.

Система експертної оцінки крихкої міцності елементів будівельних конструкцій з термічно зміцненого прокату маловуглецевої сталі ВСтЗсп-Т2 була побудована для конструктивної форми низької холодостійкості, що моделювала приєднання другорядного елемента до головного несучого, з врахуванням змінювання товщини прокату. Система реалізована у кшталті програми для персонального комп'ютера, що була розроблена на мові високого рівня Турбо-Паскаль 6.0, та яка оперує базою даних експериментальних досліджень параметрів тріщиностійкості та конструктивних форм. Оцінка крихкої міцності здійснюється шляхом звертання до 95-ти відсоткової зони довір'я незруйнування конструкцій, яка міститься в базі даних у кшталті вузлів тримірної сплайн-функції ("напруження"- "температура"- "товщина"). Приклад здійснення оцінки зображено на Мал.2.

Графічний інтерфейс системи відповідає вимогам до методик розрахунку, що сформульовані у другій главі роботи.

Розроблено методику розрахунку елементів будівельних конструкцій з термічної зміцненого листового прокату маловуглецевої сталі ВСтЗсп-Т2 з врахуванням можливості крихкого руйнування та масштабного ефекту. Розрахункову методику реалізовано у традиційному для норм проектування (СНІП II-23-81^{*}) кшталті перевірки міцності:

$$S_{\max} \leq b^{0.95} R_y / y_u$$

де S_{\max} - найбільше напруження розтягнення у розрахунковому перерізі елемента;

R_y - розрахунковий опір сталі по тимчасовому опору;

y_u - коефіцієнт надійності для розрахунку по тимчасовому опору;

Розрахунковий коефіцієнт $b^{0.95}$, що враховує вплив температури експлуатації конструкції, отримується в температурному діапазоні:

$$T_2 \leq T_{\min} \leq T_1$$

де T_{\min} - мінімальна розрахункова температура експлуатації;

T_2, T_1

- перша та друга розрахункові температури крихкості;

в залежності від товщини перерізу елемента що перевіряється та типу конструктивного рішення (СНІП II-23-81^{*}). Значення коефіцієнта $b^{0.95}$ отримані з системи экс-

пертої оцінки через перерозрахунок нижнього кордону 95-ти відсоткової зони довір'я руйнувальних напружень та являють собою ступінь вірогідності незруйнування конструкції. Значення коефіцієнту $b^{0.95}$ в залежності від досліджених конструктивних форм та товщини перерізу головного несучого елемента наведені в таблиці 1.

У випадку $T_2 > T_{\min}$ перевірка крихкої міцності не здійснюється, при цьому слід змінити конструктивне рішення, збільшити товщину перерізу або застосувати більш холодостійку сталь.

Методика що розроблена відповідає вимогам що до розрахунків будівельних конструкцій. Результат розрахунку при цьому має 95-ти відсоткову ступінь забезпеченості.

Для здійснення якісної оцінки небезпечності крихких руйнувань сталевих будівельних конструкцій було розроблено експертну систему, що назначалась для роботи на персональному комп'ютері. Систему було реалізовано на мові високого рівня Турбо-Паскаль версії 6.0, при цьому було створено алгоритм, що обробляв дерево логічних рішень системи по розробленій шкалі значення окремих факторів крихкого руйнування. Під час створення дерева логічних рішень системи та шкали значення використано досвід обстеження будівельних конструкцій, що був накопичен на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій ДІБІ, а також статистично оброблену базу знань експертів з крихких руйнувань конструкцій. Використані під час побудови експертної системи методи дозволили забезпечити значащу ступінь вірогідності висновків, що надаються системою.

В прикладеннях надані, узгоджені з ІЧМ МЧМ України та ЦНІБК ім.Кучеренка та затверджені у ДІБІ, Рекомендації по виготовленню та розрахунку міцності з врахуванням крихкого руйнування сталевих конструкцій з термічно зміцненого листового прокату з рівнем межі текучості 325 МПа (33 кгс/мм^2), в яких використано методику що розроблена; приклад протоколу роботи з системою експертної оцінки крихкої міцності та приклад протоколу роботи з експертною системою оцінки вірогідності крихкого руйнування сталевих конструкцій.

ЗАГАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Загальні результати роботи що виконана мають бути сформульовані як наступне:

1. Розроблено та здійснено на практиці методику проведення випробувань великорозмірних зразків та моделей конструкцій в умовах низьких кліматичних температур; створено випробувальний стенд, що дозволяє досягати руйнівного зусилля до 8 МН, та холодильну камеру, що дозволяє підтримувати під час випробувань великорозмірних зразків температуру до 153 К.

2. Показано, що до принципів формування інженерних методик розрахунку крихкої міцності елементів конструкцій слід додати вимогу додержання вірогідності розрахункового та дійсного граничних станів; ця вимога має узгоджуватися з прийнятою теоретичною моделлю, факторами та критеріями що контролюються, експериментальними дослідженнями і методами обробки їх результатів та продуктом розрахункової методики; критерій вірогідності має містити два сбалансованих рівня: вимогу фізичної вірогідності, яка обумовлюється фізичними процесами в матеріалі, та вимогу вірогідності інформації, яка визначається повнотою та вірністю інформації, що описує властивості та процеси в матеріалі; розв'язання цих проблем можливо через здійснення випробувань великорозмірних зразків.

3. Отримано експериментальні температурні залежності параметрів міцності та в'язкості, а також впливу масштабного ефекту для випробувань на ударний вигін та механіку руйнування для листового прокату термічно зміцненої маловуглецевої сталі; встановлено тенденцію зниження цих характеристик під час зниження температури, а також підвищення критичних температур, що відповідають різним критеріям, під час збільшення товщини прокату.

4. Отримано експериментальні температурні залежності параметрів міцності та в'язкості, а також впливу масштабного ефекту для типових конструктивних форм будівельних конструкцій з листового прокату термічно зміцненої маловуглецевої сталі; встановлено тенденцію зниження цих характеристик під час зниження температури випробування, а також підвищення другої критичної температури під час збільшення товщини прокату; теоретично обґрунтовані та отримані експериментально зони довір'я руйнування конструкцій зі ступенем вірогідності що було загадано.

5. Теоретично обґрунтовано та розроблено методику розрахунку та систему експертної оцінки міцності під час крихких руйнувань елементів сталевих будівельних конструкцій з термічно зміцненої маловуглецевої сталі з врахуванням масштабного фактора та вимог забезпечення їх надійності; показано, що під час побудови емпіричних формул статистичними методами неминуче втрачаються деякі особливості температурних залежностей до шкоди у вірогідності але до зручності використання у розрахунках; для розв'язання цієї проблеми в алгоритмі роботи системи експертної оцінки використано метод інтерполяційних сплайн-функцій для описання зон довір'я незруйнування конструкцій.

6. Теоретично обґрунтовано та розроблено експертну систему оцінки небезпечності крихких руйнувань елементів сталевих будівельних конструкцій, яка назначаться для роботи на персональних комп'ютерах; використання статистично обробленої бази знань експертів та традиційного алгоритму виявлення факторів крихкого руйнування забезпечує вірогідність висновків експертної системи.

Головні тези дисертації викладено в наступних публікаціях:

1. Антонов С.М., Дубина А.М. Установка для стендовых испытаний крупномасштабных моделей и узлов конструкций при низких температурах // Экспериментальные исследования и испытания строительных металлоконструкций: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. Львов, 1987. С. 153-154.
2. Антонов С.М., Дубина А.М. Исследование хрупкой прочности элементов конструкций из термически упрочненной малоуглеродистой стали // Практика, проблемы разработки и внедрение ресурсо-сберегающих технологий: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Липецк, 1987. - С. 9-11.
3. Сильвестров А.В., Большаков В.И., Антонов С.М., Дубина А.М. Сопротивляемость стали конструкций континентального шельфа хрупким разрушениям с учетом масштабного эффекта // Морские сооружения континентального шельфа: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Севастополь, 1989. - С 13-14.
4. Антонов С.М., Дубина А.М., Сильвестров В.А. Прочность элементов конструкций с проколотыми отверстиями из термически упрочненной стали при хрупком разрушении // Депонированная рукопись, Деп.07.05.90. #789-Ук-90, 1990.18 С.
5. Большаков В.И., Антонов С.М., Дубина А.М. Достоверность расчетов хрупкой прочности стальных конструкций по предельным состояниям // Tendenzen 2000: IX Internationaler Kongress fur Industrielles Bauen. Leipzig, 1991. P. 36.
6. Bolshakov V.I., Antonov S.M., Doubina A.M. The estimation of influence of brittle fracture factors on constructional strength of offshore structures // Proc. of I-st ISOPE Conference, Edinburg, U.K., 1991. vol. IV, p. 235-243.
7. Большаков В.И., Сильвестров А.В., Антонов С.М., Дубина А.М. Достоверность неразрушения стальных строительных конструкций при хрупком разрушении // Проблемы современного материаловедения: Сб. докл. памяти акад. К.Ф.Стародубова. - Днепропетровск, 1992. С. 53-54.
8. Дубина А.М. Система экспертной оценки хрупкой прочности стальных строительных конструкций // Проблемы современного материаловедения: Сб. докл. памяти акад. К.Ф.Стародубова. - Днепропетровск, 1992. С. 23-24.

Подписано к печати 17.02.1993,

формат 60x84/16. Бумага типогр. № 2. Печать офсетная.

Физ.п.л. 1. Уч.изд.л. 0,84. Усл.п.л. 0,83,

Тираж 100 экз. Заказ 177. Бесплатно.

Днепропетровский металлургический институт
320005, Днепропетровск, пр. Гагарина, 4.

ОЗ ДМетН, 320005, Лоцманское шоссе, 3-б.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

BEQI/IATHO

AB 26.845