

**ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ  
«УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»**

**ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ  
ТОВАРИСТВО  
«УКРНДІПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦІЯ  
ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»**

Свідоцтво про державну реєстрацію  
КВ № 12853-1737 ПР від 11.07.2007 р.

**ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**  
Адріанов В.П.

**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР**  
Лукашевич Т.І.

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.  
Беркута А.В., к.е.н.  
Голоднов О.І., д.т.н.  
Гордеев В.М., д.т.н., проф.  
Єгоров Є.А., д.т.н., проф.  
Єрмак Є.М., д.т.н., проф.  
Кваша В.Г., д.т.н., проф.  
Корольов В.П., д.т.н., проф.  
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.  
Лобанов Л.М., академік НАНУ,  
д.т.н., проф.  
Мушанов В.П., д.т.н., проф.  
Оглобля О.І., д.т.н., проф.  
Пасечнюк В.Л.  
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.  
Пушкар А.П., к.е.н.  
Стоянов В.В., д.т.н., проф.  
Шимановський О.В., д.т.н., проф.

**МІЖНАРОДНА  
РЕДАКЦІЙНА РАДА  
на 2007 — 2010 роки**

Абель Д., д.т.н., проф. (США)  
Агош З., д.т.н., проф. (Словаччина)  
Белоев М., к.т.н. (Болгарія)  
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)  
Зюлко Е., д.т.н., проф. (Польща)  
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)  
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)  
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)  
Кжупка В., д.т.н., проф. (Чехія)  
Кульбах В., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Естонія)  
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)  
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)  
Новак А., д.т.н., проф. (США)  
Павлов А.Б., д.т.н., проф. (Росія)  
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)  
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)  
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)  
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)  
Тулебаєв К.Р., к.т.н. (Казахстан)  
Шугаєв В.В., д.т.н., проф. (Росія)  
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)



**2'2007**

# ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

## ЗМІСТ

<b>А.П. Пушкар, О.В. Шимановський</b> ЗВЕРНЕННЯ ДО ЧИТАЧІВ . . . . .	2
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ</b>	
<b>О.В. Шимановський</b> ВАТ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІМЕНІ В.М. ШИМАНОВСЬКОГО» – ЧЕРГОВИЙ ЕТАП МІЖНАРОДНОГО ВИЗНАННЯ . . . . .	3
<b>НАУКА – ВИРОБНИЦТВО</b>	
<b>Д.А. Маслов, М.В. Пашковський, В.И. Сливкер</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРОЧНЫХ МОСТОВ С ГИБКИМИ ВАНТОВЫМИ ПОДВЕСКАМИ . . . . .	8
<b>Л.М. Лобанов, А.Ю. Бондаренко</b> МАГНІТНИЙ КОЕРЦИТИМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ. . . . .	13
<b>О.В. Шимановський, І.Ю. Перетятко</b> НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ДВОТАВРОВОЇ БАЛКИ, ПІДСИЛЕНОЇ СМУГАМИ, ЩО ПРИВАРЕНІ ДО ЇЇ ПОЛИЦЬ ПРУЖНИМИ ФЛАНГОВИМИ ШВАМИ . . . . .	19
<b>С.М. Козловець, Н.О. Чабан</b> НЕЛІНІЙНЕ ДЕФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ВЕЛИКОПРОГОНОВОЇ СИСТЕМИ ПОКРИТТЯ ЛІТНЬОГО ТЕАТРУ. . . . .	21
<b>Т.І. Матченко, М.В. Скуз, Н.М. Баклан</b> МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ПРОДОВЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС В УМОВАХ РИЗИКУ КАРСТОПРОЯВЛЕННЯ . . . . .	26
<b>М.Н. Лившиц, А.И. Оглобля</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-КОММУНИКАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ В г. АШХАБАДЕ . . . . .	30
<b>В.А. Пермяков, А.Б. Глитин</b> РАМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ . . . . .	34
<b>ПАМ'ЯТИ ТОВАРИША</b> ПЕРМЯКОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ . . . . .	38
<b>МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД</b>	
<b>В.Л. Пасечнюк, О.Б. Пластовець</b> МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ З ПРОБЛЕМ РЕЗЕРВАРБУДУВАННЯ . . . . .	39
<b>ЮРИДИЧНІ КОНСУЛЬТАЦІЇ</b>	
<b>І.Я. Гречка</b> ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОРСЬКОГО ПРАВА У ДІЯЛЬНОСТІ ПРОЕКТНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ . . . . .	44
<b>ЮВІЛЕЇНІ ДАТУ</b>	
<b>О.Б. Лотоцький, Ю.І. Терещенко</b> ХАРКІВСЬКОМУ КОМПЛЕКСНОМУ ВІДДІЛЕННЮ ВАТ «УКРНДІПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦІЯ ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО» – 60 РОКІВ . . . . .	46

Рекомендовано до друку вченою радою ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» (протокол № 2 від 17.12.2007 р.)

## ШАНОВНІ ЧИТАЧІ !



Від імені засновників журналу  
«Промислове будівництво  
та інженерні споруди» –  
Державної корпорації  
«Укрмонтажспецбуд»  
та ВАТ «УкрНДІпроектсталькон-  
струкція ім. В.М. Шимановського»  
вітаємо Вас  
із відродженням фахового видання  
в галузі проектування та будівництва.



Основною тематичною спрямованістю журналу є надання будівельній спільноті різнопланової інформації з питань архітектури, проектної справи, будівництва об'єктів промислового призначення та складних інженерних споруд, а також ознайомлення з останніми досягненнями в галузі технічної діагностики, удосконалення дозвільної системи, розробки і впровадження нормативної бази, використання новітніх будівельних технологій, конструкцій і матеріалів, обмін досвідом тощо.

До складу редакційної колегії журналу увійшли представники органів державного управління і великих будівельних об'єднань, провідні вітчизняні фахівці з теорії розрахунку будівельних конструкцій, технічної діагностики прогнозування стану і оцінки залишкового ресурсу конструкцій та споруд, проблем довговічності та надійності зварювальних конструкцій. У міжнародній редакційній раді журналу дали згоду працювати відомі вчені і спеціалісти із США, Японії, Канади, Німеччини, Польщі, Болгарії, Словаччини, Російської Федерації, Чехії, Естонії, Китаю, Білорусі, Казахстану.

Матеріал, що друкуватиметься у журналі, буде розподілятися за наступними основними тематичними розділами: державне управління у капітальному будівництві та основні засади інвестиційної політики; наукові та експериментальні дослідження конструкцій різного призначення; проектування, будівництво і реконструкція об'єктів промислового призначення; проектування і спорудження інженерних споруд; виробництво і монтаж будівельних конструкцій; новітні технології зварювання; впровадження сучасної будівельної техніки та обладнання; підготовка кадрів; міжнародне співробітництво та інші.

Запрошуємо до співпраці з редакційною колегією журналу вчених, керівників, інженерів-практиків із органів державного управління, будівельних корпорацій і об'єднань, науково-дослідних і проектних інститутів, вищих навчальних закладів і технікумів, підприємств будіндустрії, будівельних і монтажних спеціалізованих організацій та іноземних фірм.

Сторінки нашого журналу відкриті для розміщення рекламної інформації щодо продукції та послуг вітчизняних і закордонних будівельних фірм та підприємств будіндустрії.

Ми сподіваємося, що журнал «Промислове будівництво та інженерні споруди» стане з часом популярним виданням серед широкого загалу спеціалістів будівельної галузі.

**З повагою,  
президент корпорації  
«Укрмонтажспецбуд»**

**А.П. Пушкар**

**З повагою,  
голова правління ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»**

**О.В. Шимановський**

# ВАТ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІМЕНІ В.М. ШИМАНОВСЬКОГО» – ЧЕРГОВИЙ ЕТАП МІЖНАРОДНОГО ВИЗНАННЯ

**В**ідкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського» є галузевою комплексною науково-дослідною і проектною організацією, що спеціалізується на дослідженні та проектуванні будівельних металоконструкцій споруд різного призначення для всіх галузей народного господарства. Багаторічний досвід у металобудівництві, набутий протягом більш ніж шести десятиліть в Україні та поза її межами, обумовлює визнаний авторитет інституту, який сьогодні не тільки координує науково-технічну діяльність проектних організацій, але й формує напрями технічної політики держави, розробляє нормативну базу для розрахунків і проектування сталевих і алюмінієвих конструкцій.

З метою подальшого виходу на міжнародний ринок інститутом взято курс на розширення номенклатури продукції та послуг. До пріоритетних напрямів його діяльності введено такі досить нетрадиційні для проектних організацій види робіт, як генеральний підряд і проектування, а також виготовлення та монтаж сталевих конструкцій.

Ринкова стратегія сьогодення свідчить, що тільки за умови найбільш досконалого виконання замовлень споживачів можливо втримати належні по праву позиції одного з провідних українських виробників і постачальників послуг у будівельному секторі світової економіки. А це означає, що система менеджменту якості (СМЯ), яка склалася в результаті багаторічної кропіткої праці досвідчених фахівців інституту багатьох поколінь, потребує міжнародного визнання сучасної громадськості, а отже – серти-



**О.В. Шимановський**  
голова правління ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»,  
заслужений діяч науки і техніки  
України, д.т.н., професор

фікації на відповідність стандарту DIN EN ISO 9001:2000.

Підготовку до сертифікації було розпочато у вересні 2005 р. Із найбільш досвідчених фахівців інституту сформували робочу групу, перед якою було поставлено завдання систематизувати набуті знання та побудувати СМЯ відповідно до сучасних вимог міжнародного стандарту.

Були сформовані основні напрями політики інституту в галузі якості, а саме:

- постійне максимальне забезпечення замовників високоякісною проектною та науково-технічною продукцією і послугами;
- забезпечення високої надійності та безпечності будівельних об'єктів, найвищої якості продукції та послуг відповідно до законодавчих і нормативних вимог;
- поліпшення якості продукції та послуг шляхом постійного аналізу функціонування СМЯ з метою неухильного підвищення рівня задоволеності замовників та всіх зацікавлених сторін.

ВАТ «Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського» здійснює свою діяльність на основі таких чинників, як:

- впровадження новітніх досягнень у галузі науки і техніки;
- розвиток системи автоматизованого проектування;
- використання сучасних методів організації виготовлення і монтажу металоконструкцій;
- постійний моніторинг, аналіз і вдосконалення СМЯ з метою підтримки її на рівні вимог ISO 9001:2000;

- періодична оцінка рівня задоволеності замовників та постійний пошук шляхів підвищення цього рівня;
- тісна співпраця із замовниками, іншими зацікавленими сторонами на всіх етапах створення продукції.

Основною стратегічною метою було проголошено сертифікацію інституту на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2000. Досягнення цієї мети вимагало від колективу вирішення таких основних завдань:

- підвищення рівня якості проектної документації за рахунок придбання нової комп'ютерної техніки і реконструкції локальної мережі інституту;
- розширення сфери діяльності інституту як генпідрядника в будівництві шляхом залучення субпідрядних організацій, що спеціалізуються на виготовленні металокопункцій та будівельно-монтажних роботах;
- організація і проведення Міжнародної науково-технічної конференції «Будівельні металеві конструкції: сьогодення та перспективи розвитку» з метою вивчення новітніх науково-технічних досягнень у галузі металобудівництва;
- поліпшення умов праці співробітників інституту шляхом розширення площ, ремонту та переобладнання офісних приміщень комплексу будівель.

У цілому процес отримання сертифіката відповідності ISO 9001:2000 передбачав проходження колективом чотирьох етапів, а саме: діагностичний аудит, навчання працівників інституту, передсертифікаційний аудит і безпосередньо процедура сертифікації.

**Діагностичний аудит** мав на меті виявлення якісних принципів роботи колективу, їхнє подальше співставлення з вимогами міжнародного стандарту і визначення обсягів можливого використання існуючої в інституті СМЯ. Відповідний аналіз було проведено на підставі співбесід із працівниками, вивчення і оцінки документації, що використовується фахівцями в процесі діяльності, а саме: нормативних документів, настанов з якості, стандартів підприємства, робочої документації, протоколів тощо. Як результат діагностики існуючої системи з'явилися численні плани-графіки організаційних заходів, які мали сприяти готовності СМЯ до проходження процедури сертифікації за міжнародним стандартом.

**Навчання робочої групи працівників інституту** відбувалося за двома основними напрямками: перегляд існуючої та розроблення нової необхідної документації СМЯ відповідно до сучасних вимог міжнародного стандарту та проведення роз'яснювальної роботи серед працівників інституту, впровадження днів якості в структурних підрозділах. Підґрунтям для цієї роботи слугувала уточнена з урахуванням процесного підходу *схема процесів*, основні з яких наведені на рис. 1.

Крім вказаних, були також розроблені відповідно до прийнятих інституту нових напрямів діяльності та вимог СМЯ нові процеси, серед них:

- *процеси управління* – «Аналіз СМЯ з боку керівництва», «Постійне поліпшення»;
- *основні процеси* – «Аналіз вимог замовників, укладання договорів», «Виготовлення металокопункцій», «Монтаж металокопункцій»;
- *допоміжні процеси* – «Інформаційне забезпечення», «Правове супроводження», «Визначення та оцінка задоволеності замовників», «Моніторинг процесів», «Контроль якості проектної документації», «Технічний нагляд», «Управління невідповідною продукцією», «Управління документацією», «Управління протоколами якості», «Коригувальні дії», «Запобіжні дії».

Протягом 2006 р. для вдосконалення СМЯ та підготовки до сертифікації фахівцями інституту було переглянуто, випущено в новій редакції та розроблено більше 30 документів, які регламентують діяльність у межах встановлених процесів, наприклад, їхнє планування (рис. 2). Крім того, значного оновлення зазнали положення про структурні підрозділи та посадові інструкції працівників інституту, де значною мірою позначилися результати опрацювання вимог нової редакції міжнародного стандарту та усвідомлення колективом своєї ролі в сучасному суспільстві.

Протягом підготовчого періоду тривалого навчання потребувала група **внутрішніх аудиторів**, призначених для виконання функцій контролю за впровадженням та належним дотриманням у структурних підрозділах вимог міжнародного стандарту в період функціонування СМЯ в стані проекту (рис. 3). Завдяки набутим під час навчання знанням протягом 2006 р. було

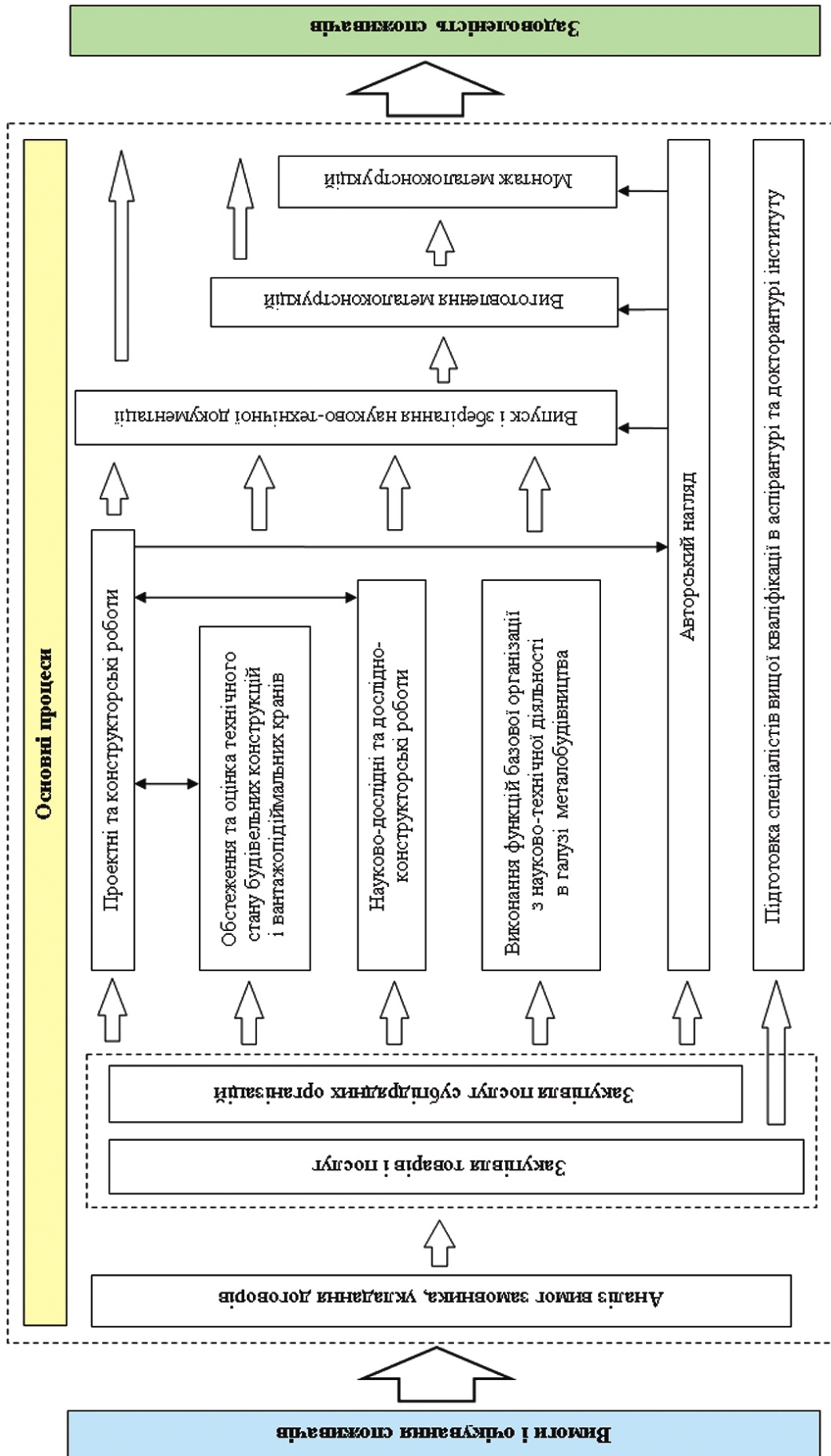


Рис. 1. Схема групи основних процесів  
 ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

проведено 20 планових внутрішніх аудитів за участю 14 фахівців інституту – сертифікованих внутрішніх аудиторів у відповідності до вимог міжнародного стандарту.

Діяльність робочої групи сприяла запровадженню в інституті сучасного методу моніторингу й оцінки результативності встановлених процесів. Результатом цієї роботи стало визначення базового значення результативності СМЯ в цілому по інституту, яке свідчило, що впроваджена система якості достатньою мірою підготовлена до сертифікації.

**Передсертифікаційний аудит**, що проводився представниками СП «Інтерсертифіка-ТЮФ» спільно з «ТЮФ-Тюрінген» (м. Москва), визнав діяльність колективу інституту гідною до представлення на міжнародному рівні. Однак фахівці міжнародної сертифікаційної організації виявили деякі слабкі ланки у системі встановлених процесів, які могли б у майбутньому завдати їх функціонуванню. Додаткової уваги вимагала процедура визначення та оцінки задоволеності замовників, а саме: впровадження спеціального анкетування з метою виявлення потенційних шляхів поліпшення діяльності працівників інституту, які безпосередньо відповідають перед споживачами за якість запропонованої ними продукції та послуг.

**Проходження процедури сертифікації** системи менеджменту якості ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» з метою підтвердження відповідності запровадженої СМЯ вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2000 відбулося у січні 2007 р. Як вимагає встановлений порядок, за чотири тижні до початку сертифікаційного аудиту на адресу органу з сертифікації було надіслано комплект документації СМЯ, що мала пройти експертизу на відповідність ISO 9001:2000. Позитивний звіт за результатами такої експертизи став стартовою подією, з якої розпочався саме період сертифікації відповідно до погодженого плану.

З урахуванням особливостей організаційної структури товариства заходи з сертифікації були проведені за участю трьох висококваліфікованих аудиторів сертифікаційного органу, які працювали в інституті з метою отримання достатньої кількості доказів дієвості впровадженої СМЯ. Колектив інституту доклав чимало зусиль, демонструючи практичне застосування розроблених процедур або навіть справжній захист

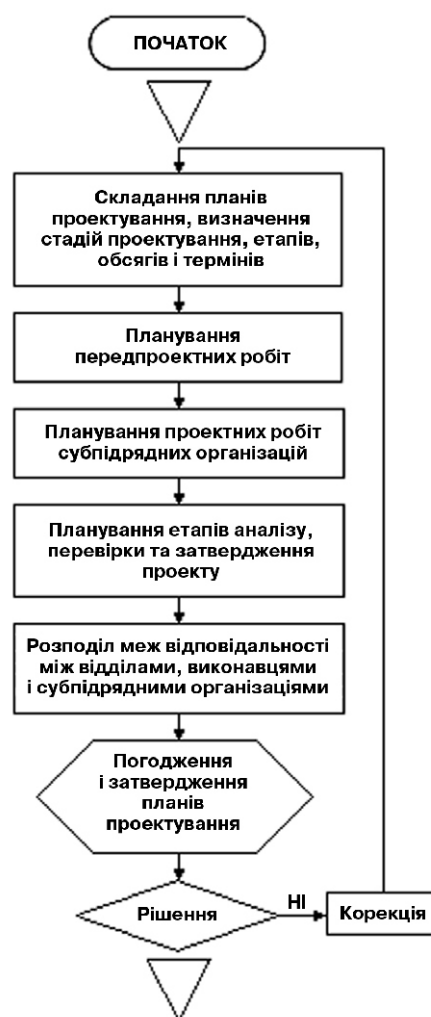


Рис. 2. Блок-схема планування процесу «Проектні роботи»

впровадженої системи перед зовнішніми аудиторами. Звісно, не обійшлося без зауважень. Але слушні поради аудиторів, які не вперше проводять подібні заходи в організаціях і на підприємствах країн СНД, було взято на озброєння для подальшого вдосконалення роботи інституту в інтересах партнерів, замовників і колективу в цілому. Після успішного завершення сертифікаційного аудиту зовнішніми аудиторами був направлений відповідний звіт № 3330 28 WZ A0 на розгляд до свого сертифікаційного органу.

Тривала робота з підготовки та проведення сертифікації була нарешті завершена 2 квітня 2007 року, коли «ТЮФ-Тюрінген» за реєстраційним номером 1510074510 видав ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» сертифікат відповідності впровадженої СМЯ вимогам DIN EN ISO 9001:2000. Крім того, інституту було надано право використовувати знак сертифікації на період дії сертифіката.



**Рис. 3. Навчання групи внутрішніх аудиторів проводять:**

**а** – провідний аудитор ТОВ «Фірма «АГАТ» Г.М. Савчук;  
**б** – перший заступник голови правління ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф. В.М. Гордеев.



**Знак сертифікації  
впроваджені у ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»  
системи менеджменту якості**

Нині колектив інституту здійснює свою діяльність у новій якості сертифікованої організації та спрямовує усі зусилля на утримання завойованих позицій серед лідерів будівельної галузі. Зокрема, серед цілей у галузі якості визначаються такі, як подальша розбудова організаційної структури ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», залучення до співпраці нових партнерів з метою урізноманітнення спектра продукції та послуг, що пропонуються на будівельному ринку України. Стратегічною метою товариства залишається подальше розширення географії збуту – утвердження на ринках зарубіжних країн, де історично склалися плідні дружні стосунки з організаціями та підприємствами, що й понині залишаються постійними партнерами інституту при втіленні будівельних проєктів під гаслом **«Висока якість наших послуг забезпечить високу надійність Ваших споруд»**.

*За роз'ясненнями, консультаціями та з питань співпраці звертатися у ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського»  
(Україна, 02660, м. Київ, просп. Визволителів, 1;  
тел.: (044) 543-93-87, факс: (044) 543-97-69,  
ел. пошта: [niijsk@webber.kiev.ua](mailto:niijsk@webber.kiev.ua))*

Надійшла 01.10.2007 р.

УДК 721.011.1:624.6

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРОЧНЫХ МОСТОВ С ГИБКИМИ ВАНТОВЫМИ ПОДВЕСКАМИ

Арочные мосты с гибкими вантовыми подвесками находят широкое применение в мостостроении. Одним из важнейших преимуществ таких мостов является возможность создания предварительного напряжения за счет натяжения вантовых элементов. Одной из основных задач при этом является подбор усилий в подвесках, которые способствуют наиболее выгодному распределению усилий в конструкциях.

**Ключевые слова:** арочные мосты, гибкие вантовые подвески, предварительное напряжение, технология выполнения натяжений.

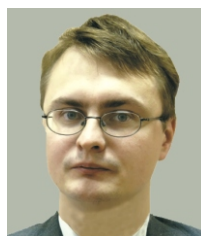
**К**онструкции арочных мостов с гибкими вантовыми подвесками находят широкое применение в современном мостостроении. Популярность этого типа мостов, особенно в условиях городского строительства, объясняется удачным сочетанием их несомненных архитектурных качеств с экономичностью, простотой возведения и высокой перекрывающей способностью. В 2006 г. были построены и сданы в эксплуатацию два арочных моста, запроектированных «Институтом Гипростроймост Санкт-Петербург»: на кольцевой автодороге в Санкт-Петербурге через р. Большая Охта (рис. 1) и в Казахстане через р. Ишим в г. Астана (рис. 2).

Конструкция моста через р. Большая Охта представляет собой внешне безраспорное (распор воспринимается затяжкой) металлическое арочное пролетное строение с ездой понизу расчетным пролетом 160 м. В поперечном сечении сооружение имеет две плоскости арок, очерченных по квадратной параболе со стрелой подъема 28 м. По фасаду сооружения затяжка поддерживается 15 гибкими вантовыми подвесками, расположенными с шагом 10 м. При расчете этого пролетного строения критерием оптимальности подбора сил натяжения подвесок было выбрано требование минимальности изгибающих моментов в арке и затяжке под действием собственного веса конструкции.

Сталелесобетонное пролетное строение моста через р. Ишим имеет пролет 150 м, две пары арок со стрелой подъема 30 м при ширине проезжей части 40 м. Одной из задач, которая решалась при расчете этого моста, был подбор одинаковых сил натяжения подвесок, что позволило минимизировать изгибающие моменты в арке сооружения на стадии эксплуатации. В этом случае сечения подвесок были назначены исходя из собственного веса затяжки, а расчетные дислокации получены из решения системы уравнений.



**Д.А. Маслов**  
ведущий инженер  
ЗАО «Институт Гипростроймост  
Санкт-Петербург»



**М.В. Пашковский**  
ГИП ЗАО «Институт Гипростроймост  
Санкт-Петербург»



**В.И. Сливкер**  
начальник отдела расчетов мостов  
ЗАО «Институт Гипростроймост  
Санкт-Петербург»,  
д.т.н, профессор

С инженерных позиций одним из важнейших преимуществ таких мостов является возможность создания усилий предварительного напряжения за счет натяжения вантовых элементов непосредственно в процессе возведения конструкции и без использования различного рода сложных вспомогательных устройств и приспособлений. Это позволяет инженеру реализовывать различные идеи практической оптимизации, подбирая состояние самонапряжения системы таким образом, чтобы находить в определенном смысле наилучшие (оптимальные) инженерные решения. Фактически инженер имеет возможность распоряжаться множеством управляющих параметров, в качестве каковых для данного типа конструкций выступают усилия натяжения гибких подвесок.

В связи с этим одной из основных задач инженера при проектировании таких конструкций является подбор усилий в подвесках, которые





**Рис. 1. Арочный мост через р. Большая Охта в г. Санкт-Петербург**



**Рис. 2. Арочный мост через р. Ишим в г. Астана**

наиболее выгодно распределяются в них. Граничные значения усилий в подвесках (точнее, напряжения в сечениях подвесок) определяют допустимый диапазон изменения тех величин, в пределах которого должны находиться начальные усилия в подвесках. Эти пределы диктуются как принятыми нормативными документами, так и, возможно, специфическими условиями строительства.

В стандартном варианте математической постановки оптимизационной задачи прежде всего необходимо определиться с выбором целевой функции, и лишь затем строить некоторый алгоритм достижения оптимального решения. Однако при реальном проектировании арочных мостов с гибкими подвесками можно обойтись более упрощенной процедурой, в ко-

торой функция цели в явном виде не формулируется и не принимает непосредственного участия в алгоритмах поиска оптимального проектного решения.

Взамен явной формулировки функции цели фиксируется набор контролируемых параметров конструкции, значения которых выбираются такими, чтобы при их достижении выбранные начальные усилия в подвесках можно было бы считать в определенном смысле оптимальными. Для рассматриваемого типа арочных мостов такими контролируемыми параметрами могут служить значения изгибающих моментов в затяжке или величины перемещений узлов затяжки в местах присоединения к ним подвесок. Если речь идет о контроле изгибающих моментов в затяжке, то логично потребовать, чтобы на момент завершения строительства моста максимальные положительные моменты в сечениях между подвесками равнялись отрицательным моментам в сечениях над подвесками. Но набору контролируемых параметров можно придать и кинематический смысл. Например, потребовать, чтобы на момент сдачи моста в эксплуатацию перемещения узлов затяжки, к которым присоединены подвески, были равны нулю (в более общем случае равны некоторым заданным величинам). Вполне очевидно, что удовлетворение этих требований позволяет запроектировать затяжку так, чтобы иметь возможность рационально распорядиться выбором ее поперечного сечения.

Надо сказать, что в процессе сооружения моста его расчетная схема претерпевает многократные изменения. По ходу монтажа и натяжения вантовых подвесок в расчетную модель включаются все новые подвески. Кроме того, при наличии временных опор (поддерживающих затяжку до момента натяжения подвесок) раскручивание (отрыв от временных опор) осуществляется по мере монтажа и натяжения подвесок. Если не учитывать временные опоры как односторонние связи, то проектировщику приходится иметь дело с  $(n + 1)$  расчетной моделью, где  $n$  – количество пар вантовых подвесок<sup>1</sup>. Итак, рассматриваются расчетные модели  $C_0, C_1, \dots, C_n$ . При этом расчетная модель  $C_i$  отвечает состоянию конструктивной схемы после натяжения  $i$ -й пары подвесок, причем нумера-

<sup>1</sup> Учет временных опор как односторонних связей, хотя и усложняет расчет, но принципиально не оказывает воздействия на описываемую процедуру поиска параметров натяжения подвесок и поэтому здесь не обсуждается.

ция пар подвесок отвечает принятой в проекте технологической последовательности монтажа и натяжения подвесок. Понятно, что система  $C_0$  вообще не содержит подвесок, тогда как система  $C_n$  представляет собой полную расчетную модель моста со всеми включенными в работу подвесками.

Обозначим через  $S$  вектор усилий в подвесках, которые развиваются в них после завершения строительства, т.е. на момент сдачи моста в эксплуатацию. Пусть кроме того  $B$  – вектор заданных значений контролируемых параметров, которые должны возникнуть после приложения всех нагрузок, включая усилия начального натяжения подвесок. На основании принципа освобожденности связей можем записать следующую систему уравнений, связывающую эти два вектора:

$$M_{0s}S + P_0 = B, \quad (1)$$

где  $M_{0s}$  – матрица влияния единичных сил в подвесках на контролируемые параметры в выбранных точках конструкции;  $P_0$  – вектор значений контролируемых параметров от действия всех прочих нагрузок за исключением сил натяжения подвесок.

Подчеркнем, что матрица  $M_{0s}$  и вектор  $P_0$  строятся не в полной расчетной модели, а для системы  $C_0$ , т.е. в расчетной схеме арочного моста, лишённого подвесок. При этом временные опоры считаются удаленными. Влияние подвесок на работу конструкции заменяется при этом действующими в подвесках усилиями.

Система линейных алгебраических уравнений (1) может оказаться переопределенной, поскольку количество контролируемых параметров  $m$  не ограничено числом пар подвесок и, возможно, превысит это число, т.е.  $m > n$ . Однако предполагается, что среди  $m$  уравнений системы (1) найдутся  $n$  линейно независимых уравнений. Это означает, что ранг матрицы  $M_{0s}$  равен  $n$ .

В этом случае под решением системы уравнений (1) логично понимать решение в смысле метода наименьших квадратов, которое на формально математическом уровне сводится к простейшей процедуре предварительного умножения слева системы уравнений (1) на транспонированную матрицу  $M_{0s}^T$ . В результате приходим к

системе уравнений с квадратной положительно определенной матрицей

$$M_{0s}^T M_{0s} S + M_{0s}^T P_0 = M_{0s}^T B. \quad (2)$$

Таким образом, после решения системы (2) вектор  $S$  содержит силы, обеспечивающие в среднеквадратическом смысле наилучшее приближение к заданным значениям контролируемых параметров  $B$ .

Когда вектор  $S$  найден, определение НДС конструкции принципиально не составляет труда. Для этого необходимо приложить к расчетной схеме моста  $C_0$  все нагрузки плюс усилия в подвесках, соответствующие вектору  $S$ , и получить окончательные результаты, отвечающие состоянию моста на момент завершения строительства. Однако к найденным усилиям и перемещениям следует добавить усилия и перемещения от действия временной нагрузки, а эта процедура требует выполнения расчета модели  $C_n$ , в которой подвески не удалены. Кроме того, для определения НДС конструкции на промежуточных стадиях ее монтажа так или иначе придется иметь дело с каждой из промежуточных расчетных моделей  $C_i$ . Стандартный прием отыскания НДС конструкции на промежуточных стадиях монтажа опирается на т.н. обратный анализ (*backward analysis*), т.е. связан с мысленной разборкой конструкции и рекурсивным переходом от системы  $C_i$  к системе  $C_{i-1}$  ( $i = n, \dots, 1$ ).

Для избежания многократной ручной обработки данных расчетов, требуемых при осуществлении обратного анализа, и максимального автоматизирования вычислительного процесса имеет смысл переформулировать исходные соотношения. Анализ с самого начала подвергается полная расчетная модель  $C_n$ , в которой подвески сохранены как элементы расчетной схемы. Усилия начального натяжения подвесок в полной расчетной модели вызываются приложением дислокационных воздействий.

В данном случае под дислокацией  $i$  понимается кинематическое воздействие, которое можно интерпретировать как разницу между теоретической длиной подвески  $L_i$  (как расстояние между узлами ее прикрепления в недеформированном состоянии конструкции) и длиной ее заготовки  $l_i$ , т.е.  $\delta_i = L_i - l_i$ . В некоторых программных комплексах возможность задания дислокационных воздействий предоставляется

напрямую, при отсутствии в программе такого типа воздействий возможно моделирование дислокаций температурными воздействиями<sup>2</sup>.

Дислокации, отвечающие требуемым усилиям натяжения подвесок, находятся из решения системы уравнений

$$ND + V = S, \quad (3)$$

где  $N$  – матрица влияния единичных дислокаций на усилия в подвесках;  $D$  – искомый вектор дислокаций,  $D = [d_1, d_2, \dots, d_n]^T$ ;  $V$  – вектор усилий в подвесках от действия собственного веса конструкции;  $S$  – требуемые усилия натяжения подвесок, полученные ранее.

Подчеркнем, что матрица  $N$  и вектор  $V$  предполагаются построенными для полной расчетной схемы  $C_n$ . Усилия в подвесках и дислокации в них, очевидно, являются энергетически сопряженными величинами. Отсюда согласно известным теоремам строительной механики вытекает, что квадратная матрица  $N$  порядка  $n$  является симметричной и положительно определенной матрицей.

Однако удобнее воспользоваться напрямую матрицей влияния  $M_{nd}$  единичных дислокаций на контролируемые параметры, что взамен (1) приведет к системе уравнений

$$M_{nd}D + P_{nd} = B. \quad (4)$$

Понятно, что  $P_{nd}$  представляет собой вектор значений контролируемых параметров от действия всех прочих нагрузок за исключением дислокационных воздействий, но выстроен он для полной расчетной схемы  $C_n$ .

Если вектор  $S$  из (3) подставить в систему уравнений (1), то получим

$$M_{0s}ND + M_{0s}V + P_{0s} = B, \quad (5)$$

что в результате сопоставления с системой уравнений (4) приводит к следующим формулам связи между введенными матрицами и векторами:

$$M_{nd} = M_{0s}N, P_{nd} = M_{0s}V + P_{0s}. \quad (6)$$

Теперь несложно понять, что ранг матрицы  $M_{nd}$  также равен  $n$ , поскольку этому же числу равен и ранг матрицы  $M_s$ . Это обстоятельство позволяет вновь воспользоваться процедурой метода наименьших квадратов, что дает

$$M_{nd}^T M_{nd} D = M_{nd}^T P_{nd} - M_{nd}^T B. \quad (7)$$

В результате решения системы уравнений (7) определяются дислокации  $D$ , с помощью которых в дальнейшем не сложно определить НДС конструкции на любой монтажной стадии напрямую без обращения к процедуре обратного анализа.

Справедливости ради следует отметить некоторый недостаток расчетной процедуры, основанной на системе уравнений (7) взамен (2). При решении системы уравнений (2) нет необходимости в предварительном задании площадей поперечного сечения подвесок, которые назначаются уже после определения напряженно-деформированного состояния конструкции. В случае же процедуры с системой уравнений (7) изменения площадей подвесок влияют как на элементы матрицы  $M_{nd}$ , так и на компоненты вектора  $P_{nd}$ . Следовательно, сечения подвесок необходимо искать с помощью итерационного процесса, на каждом шаге уточняя сечения подвесок и пересчитывая матрицу влияния  $M_{nd}$  и вектор  $P_{nd}$ . Но преимуществом использования дислокаций, как основных искомых параметров, является возможность прямого определения НДС конструкции на любой из монтажных стадий. Для определения НДС на  $i$ -й монтажной стадии достаточно рассмотреть только одну расчетную схему, а именно систему  $C_i$ , приложив к этой системе все действующие на момент ее создания нагрузки, а также дислокации в вантах  $d_1, d_2, \dots, d_i$ . Такая процедура позволяет резко сократить затраты ручного труда проектировщика, максимально переложив тяжесть расчетов на соответствующий программный комплекс.

Другой важной инженерной проблемой, возникающей на стадии возведения таких мостов, является выбор последовательности натяжения подвесок. В случае, если натяжение подвесок производится по монострендной технологии, не только усилия в подвесках на всех стадиях монтажа, но и усилия в отдельных прядях в процессе формирования подвесок не должны выходить за допустимые пределы. Иными словами, управляющие параметры системы находятся в рамках жестких технологических и прочностных ограничений, преодолеть которые

2 При расчетах описываемых арочных мостов был использован известный программный комплекс *GTSTRUDL*, в котором допускается прямое задание дислокационных воздействий на элементы конструкции. Стоит отметить, что аппарат дислокационных воздействий представляет собой весьма полезный и эффективный инструмент в руках проектировщика. К сожалению, далеко не все из известных нам программных комплексов, имеющих широкое промышленное применение, снабжены этим инструментом. Более подробное обсуждение возможностей использования дислокаций в проектной практике приводится в книге [1].

возможно лишь перебором различных вариантов последовательности натяжения до получения приемлемого решения<sup>3</sup>.

В качестве примера рассмотрим схемы парного натяжения подвесок, принятые в проекте производства работ при строительстве моста через р. Большая Охта (рис. 3).

Проектом производства работ предусматривались 8 стадий натяжения подвесок. Красным цветом показаны те пары подвесок, которые монтируются и натягиваются на очередной монтажной стадии. Принятая последовательность монтажа подвесок не выводит усилия в подвесках из допустимого нормативными документами коридора.

Третья, важнейшая, задача проектировщика – это обеспечение контроля правильности натяжения подвесок. Неизбежно возникающие ошибки сборки, контроль которых осуществляется на основе как геометрических, так и силовых измерений, должны быть своевременно выявлены.

Возможные причины возникновения отклонений вызываются обстоятельствами как объективного, так и субъективного характера. По опыту проектирования и строительства рассматриваемых мостов отметим следующие причины:

- несоответствие теоретических и фактических значений жесткости и веса конструкции;
- ошибки в усилиях натяжения подвесок;
- нарушение последовательности натяжения подвесок;
- ошибки, возникающие во время геодезической съемки и при передаче данных.

В процессе строительства необходимо в оперативном порядке выдавать рекомендации по устранению ошибок, корректировке последующих натяжений и дальнейшим действиям по продолжению монтажа конструкции. Отсутствие такого контроля или его низкое качество могут привести к тому, что итоговые фактические усилия в подвесках будут существенно отличаться от своих теоретических значений. Это, в свою очередь, может привести не только к по-

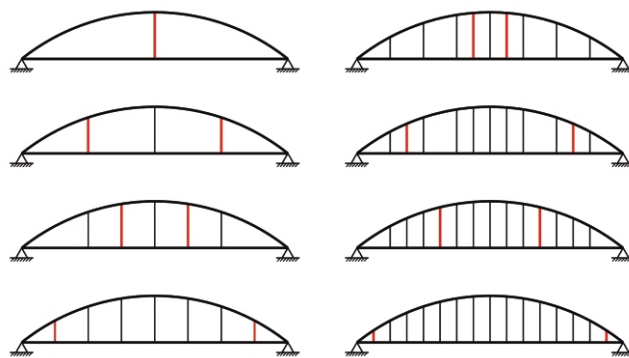


Рис. 3. Проектная последовательность натяжения подвесок арочного моста через реку Большая Охта

тере экономического эффекта от оптимизации, но и к более серьезным осложнениям, связанным с понижением надежности сооружения или к возникновению проблем при его эксплуатации.

#### Выводы.

- Конструкции арочных мостов с гибкими вантовыми подвесками находят широкое применение в мостостроении. Их надежная эксплуатация возможна за счет регулирования усилий в подвесках.
- Предложена методика расчета, в соответствии с которой взамен явной формулировки функции цели фиксируется набор контролируемых параметров конструкции. Значения этих параметров выбираются такими, чтобы при их достижении начальные усилия в подвесках можно было бы считать оптимальными.
- Важнейшей задачей проектировщика является обеспечение контроля правильности натяжения подвесок. Ошибки сборки должны быть своевременно выявлены и устранены.

[1] Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: изд-во ДМК Пресс, 2007, 595 с.

[2] Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation. Post-Tensioning Institute, USA, 101 pp.

Надійшла 11.10.2007 р.

3 В момент натяжения подвески напряжение в ней ограничено снизу величиной 10 % от GUTS. Согласно Еврокоду под GUTS (*Guarantee Ultimate Tension Stress*) понимается гарантированное изготовителем монострендных кабелей предельное напряжение, превышение которого способно привести к разрыву кабеля. Ограничение снизу напряжения в подвеске вызвано технологическими требованиями ее инсталляции, согласно которым меньшая величина начального натяжения подвески не обеспечивает необходимого «закусывания» клиньев, фиксирующих стренды кабеля в анкерных устройствах. С другой стороны, в эксплуатационном состоянии моста максимально допустимое напряжение в подвеске по соображениям безопасности согласно рекомендациям [2] не должно превышать 50 % от GUTS при действии нормативной нагрузки и 60 % от GUTS для расчетных значений нагрузок. Хотя на монтажных стадиях это верхнее ограничение может быть несколько повышено (допускается напряжение 65 % от GUTS для нормативных нагрузок на монтажных стадиях).

УДК 621.791.053

# МАГНІТНИЙ КОЕРЦИТИМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

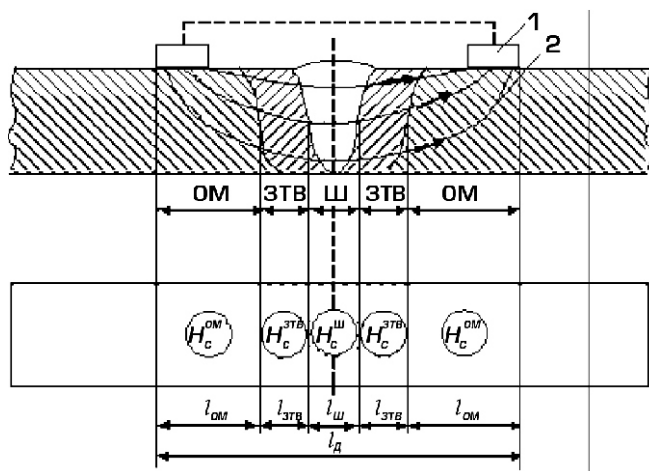
Розглядається методика оцінки технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу зварних з'єднань трубопроводів, розроблена на основі проведених і представлених результатів досліджень.

**Ключові слова:** зварні з'єднання, коерцитивна сила, пластичні деформації, трубопровід, магнітний коерцитиметричний контроль.

Однією з найважливіших науково-технічних проблем сьогодення є оцінка технічного стану та залишкового ресурсу важливих промислових і господарських об'єктів, споруд, металевих конструкцій і обладнання в зв'язку з необхідністю забезпечення їхньої надійної та безпечної експлуатації.

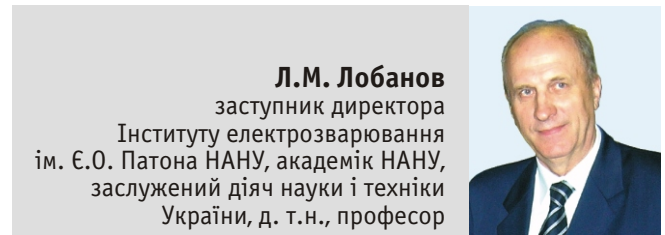
Зниження ресурсу зварних конструкцій пов'язано головним чином із накопиченням пошкоджень у зварних з'єднаннях. Тому для об'єктивної оцінки їх ресурсу необхідне визначення стану зварних з'єднань у реальних умовах експлуатації, особливо в місцях концентрації напружень і накопичення пластичних деформацій. Аналіз сучасних методів і технологій неруйнівного контролю зварних з'єднань свідчить, що, незважаючи на широкі можливості цих методів, оцінка пошкоджуваності та технічного стану зварних з'єднань у процесі експлуатації залишається важко вирішуваним питанням.

При виробництві металопродукції для визначення фізико-механічних властивостей мета-

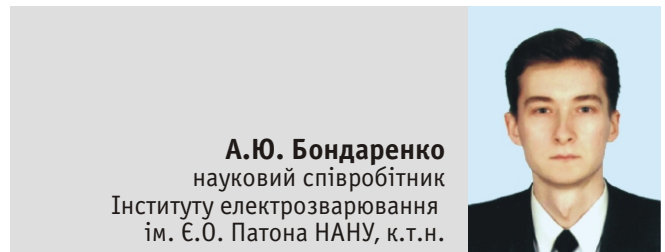


**Рис. 1. Схема зварного з'єднання з зонами різної магнітної жорсткості:**

1 – магнітна система; 2 – магнітні силові лінії;  $l_D$  – розмір бази виміру



**Л.М. Лобанов**  
заступник директора  
Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАНУ, академік НАНУ,  
заслужений діяч науки і техніки  
України, д. т.н., професор



**А.Ю. Бондаренко**  
науковий співробітник  
Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАНУ, к.т.н.

лопрокату знаходять застосування магнітні методи [1]. В даній роботі галузь їх застосування розширена з метою оцінювання накопичення пошкоджень металу зварних з'єднань металоконструкцій і прогнозування їхнього залишкового ресурсу шляхом визначення величини коерцитивної сили.

Зварне з'єднання розглядається з точки зору фізики магнітних явищ як ряд послідовних зон із різною магнітною жорсткістю (коерцитивною силою  $H_c$ ), розташованих перпендикулярно до напрямку діючого магнітного поля (рис. 1) [2]. Виходячи з цього, аналітичний вираз коерцитивної сили зварного з'єднання має вид

$$H_c^{зв.з} = \frac{l_{ш}}{l_{ш} + 2l_{ом} + 2l_{зтв}} H_c^{ш} = \frac{2l_{ом}}{l_{ш} + 2l_{ом} + 2l_{зтв}} H_c^{ом} + \frac{2l_{зтв}}{l_{ш} + 2l_{ом} + 2l_{зтв}} H_c^{зтв},$$

де  $l_{ш}$  – розмір зони зварного шва (Ш);  $l_{зтв}$  – розмір зони термічного впливу (ЗТВ);  $l_{ом}$  – розмір зони основного металу (ОМ) у магнітному ланцюгу пристрою;  $H_c^{ш}$ ,  $H_c^{зтв}$ ,  $H_c^{ом}$  – величина коерцитивної сили відповідно Ш, ЗТВ і ОМ.

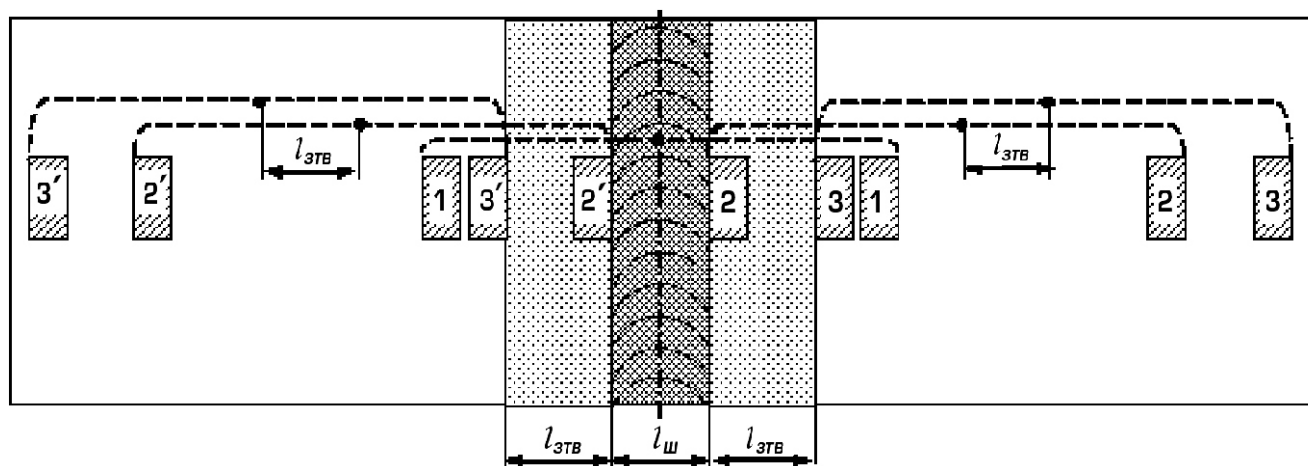


Рис. 2. Схема виміру величин коерцитивних сил  $H_c^{зб.з}$ ,  $H_c^{зТВ\text{ ом}}$ ,  $H_c^{ом}$  у зварному з'єднанні (1-1, 2-2, 3-3, 2-2', 3-3' – позиції виміру величини коерцитивної сили)

Розроблений спосіб досліджень і оцінки локальних особливостей розподілу значень коерцитивної сили в зварних з'єднаннях дозволяє оцінити величину коерцитивної сили Ш і ЗТВ (рис. 2), що надає нові можливості для оцінки залишкового ресурсу зварних конструкцій у процесі їх експлуатації.

Запропоновано схему поперечного сканування ЗТВ зварного з'єднання за допомогою пристрою магнітного контролю і вираз для визначення величин коерцитивних сил  $H_c^{ш}$  і  $H_c^{зТВ}$  у перетині зварного з'єднання і розміру  $l_{зТВ}$ .

При цьому величина  $H_c^{зТВ}$  визначається таким чином:

$$H_c^{зТВ} = \frac{H_c^{зТВ\text{ ом}} \cdot H_c^{ом} \cdot l_{ш} \cdot H_c^{ом} \cdot l_{зТВ}}{l_{зТВ}}$$

де  $H_c^{зТВ\text{ ом}}$  – величина коерцитивної сили в ЗТВ і зоні Ом (поз. 3-3, 3'-3' на рис. 2).

Величина коерцитивної сили в зварному шві  $H_c^{ш}$  визначається так:

$$H_c^{ш} = \frac{H_c^{зб.з} \cdot H_c^{ом} \cdot l_{ш} \cdot H_c^{ом} \cdot H_c^{зТВ} \cdot 2l_{зТВ} \cdot H_c^{ом} \cdot l_{ш}}{l_{ш}}$$

Для оцінки технічного стану зварних з'єднань необхідно визначити величину коерцитивної сили в кожній зоні зварного з'єднання з наступним порівнянням із граничними значеннями для даної зони.

Дослідження виконувались на партіях зразків зі зварним швом і на монолітних зразках із сталі 10Г2С1 ( $\sigma_T = 33 \text{ кг/мм}^2$ ) з використанням дослідної установки, що складається з коерцитиметра з приставним магнітним пристроєм,

розривної машини, пристроїв реєстрації і вимірів, стандартних зразків і контрольно-виміральної апаратури.

Аналіз отриманих результатів досліджень свідчить, що величини коерцитивних сил  $H_c^{зб.з}$  і  $H_c^{ом}$ , виміряні як під кутом 0, так і під кутом 90° по відношенню до прикладеного одновісного навантаження, найбільш чутливі до пластичних деформацій, менших за 2%. При більших значеннях пластичної деформації залежності  $H_c^{зб.з} f(\epsilon_{пл.ост.})$  і  $H_c^{ом} f(\epsilon_{пл.ост.})$  мають менш виражений характер (рис. 3, 4).

Анізотропія визначалася як

$$H_c^0 \cdot H_c^{90} [3].$$

Дослідження показали високу чутливість методу вимірювання до зміни залишкових пластичних деформацій як для зварного з'єднання в цілому, так і для основного металу. У результаті визначено граничні значення  $H_c^{зб.з}$  для зварного з'єднання  $[H_c^{зб.з}]_{\theta}$ , а також основного металу  $[H_c^{ом}]_{\theta}$ , при досягненні яких відбувається руйнування.

Встановлено, що збільшення залишкових пластичних деформацій зразків призводить до зростання коерцитивної сили зварного з'єднання більш ніж на 60%.

Дослідження процесу зміни величини коерцитивної сили при циклічному навантаженні виконувалось на стенді, що складається з коерцитиметра КРМ-Ц-2М, пульсатора та реєстратора даних на зразках, виготовлених за ГОСТ 25.502-79 зі сталі 10Г2С1. Випробування проводились при віднульовому циклі навантаження з частотою 5 Гц у режимі багато- і малоциклової втоми, що

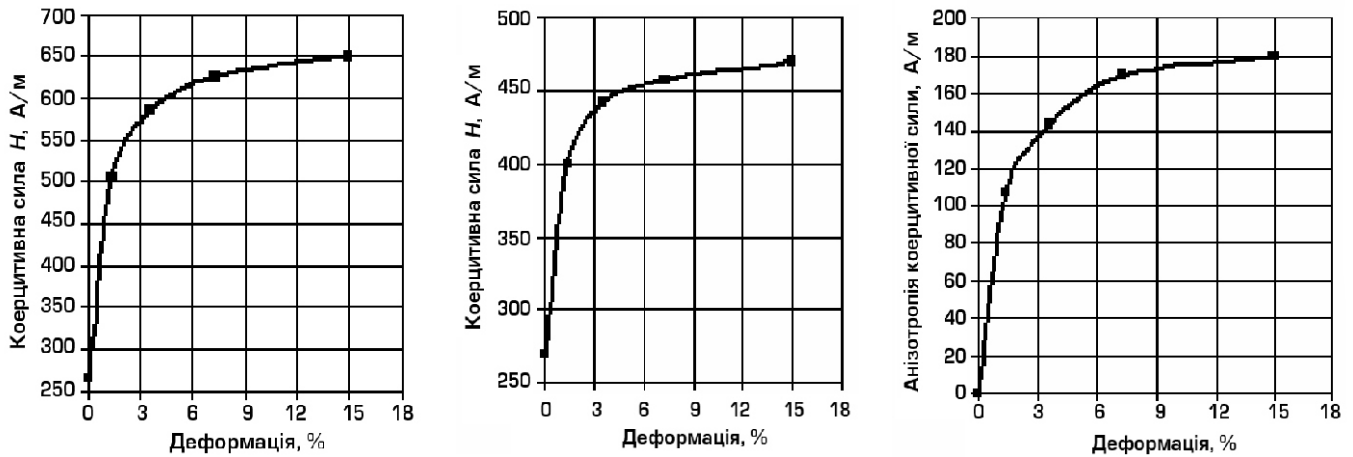


Рис. 3. Залежність коерцитивної сили основного металу (сталь 10Г2С1) від залишкових пластичних деформацій при одновісному навантаженні

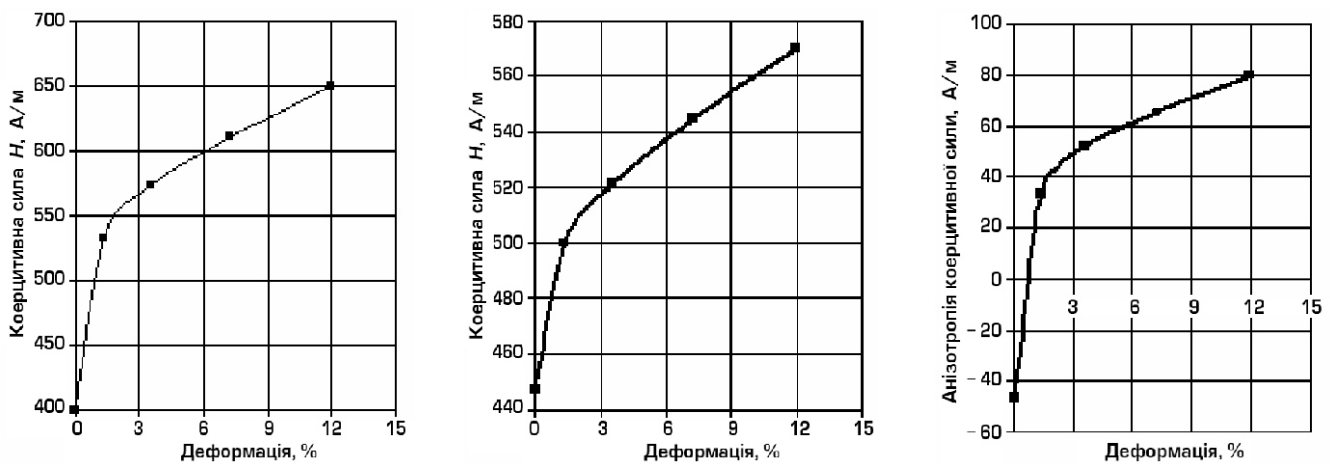


Рис. 4. Залежність коерцитивної сили зварного з'єднання (сталь 10Г2С1) від залишкових пластичних деформацій при одновісному навантаженні

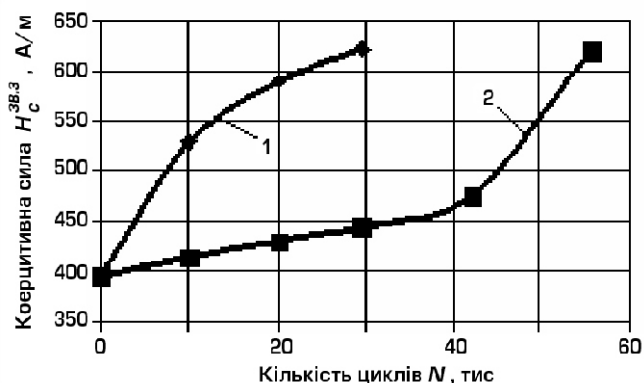
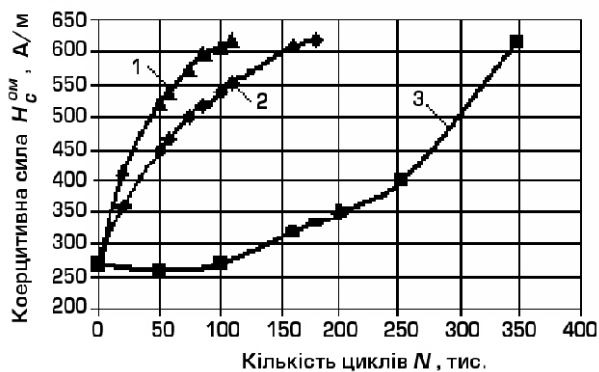


Рис. 5. Залежність величини коерцитивної сили зварного з'єднання (сталь 10Г2С1) від кількості циклів і амплітуди, виміряної в поздовжньому напрямку, при циклічному навантаженні:

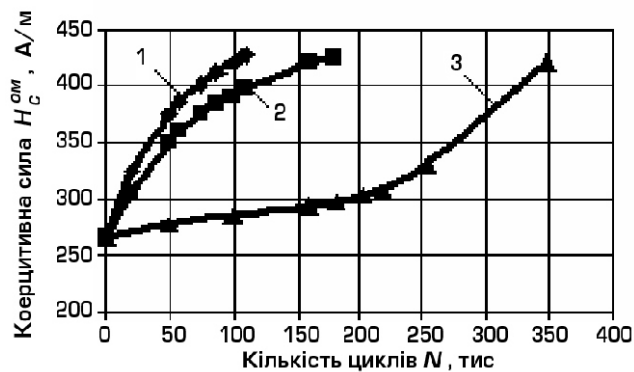
1 –  $\sigma_a = 34$  кг/мм<sup>2</sup>; 2 –  $\sigma_a = 29$  кг/мм<sup>2</sup>

імітує можливі режими експлуатації зварних з'єднань. Амплітуда навантаження змінювалась у діапазоні 29–39 кг/мм<sup>2</sup>. Після кожних 10–50 тис. циклів навантаження вимірювались та реєструвались дані. Виміри виконувались у поздовжньому і поперечному напрямках відносно осі дії навантаження, результати заносились у банк даних пристрою реєстрації для наступної обробки. Зразки випробувались до стану руйнації.

Залежності величини коерцитивної сили при мало- і багатоцикловій втомі зразків у залежності від обраних режимів навантаження представлені на рис. 5, 6. При цьому були визначені граничні величини  $[H_c^{36.3}]_{руйн.}^0$  для зварного з'єднання, а також для основного металу  $[H_c^{ом}]_{руйн.}^0$ ,  $[H_c^{ом}]_{руйн.}^{90}$ , при досягненні яких метал руйнується.



а



б

Рис. 6. Залежність величини коерцитивної сили основного металу (сталь 10Г2С1) від кількості циклів і амплітуди, виміряної в поздовжньому (а) і поперечному (б) напрямках, при циклічному навантаженні: 1 –  $a = 39 \text{ кг/мм}^2$ ; 2 –  $a = 34 \text{ кг/мм}^2$ ; 3 –  $a = 29 \text{ кг/мм}^2$

При циклічному навантаженні зварних з'єднань спостерігалось зростання величини коерцитивної сили  $H_c^{3\beta,3}$ , виміряної під кутом 0 по відношенню до прикладеного зусилля від 400 А/м до  $[H_c^{3\beta,3}]_{руйн}^0 = 640 \text{ А/м}$ , що відповідає довговічності металу –  $5,6 \cdot 10^4$  циклів навантаження при амплітуді  $a = 29 \text{ кг/мм}^2$  і  $3 \cdot 10^4$  циклів при  $a = 34 \text{ кг/мм}^2$ . При амплітуді навантаження вище межі текучості зростання величини коерцитивної сили  $H_c^{3\beta,3}$  відбувалось з перших циклів навантаження.

Величина коерцитивної сили  $H_c^{om}$ , виміряної під кутом  $90^\circ$  по відношенню до прикладеного зусилля, при циклічному навантаженні ОМ зростала від 270 А/м до  $[H_c^{om}]_{руйн}^{90} = 440 \text{ А/м}$ , що відповідає довговічності металу –  $35 \cdot 10^4$  циклів навантаження при амплітуді  $a = 29 \text{ кг/мм}^2$ ,

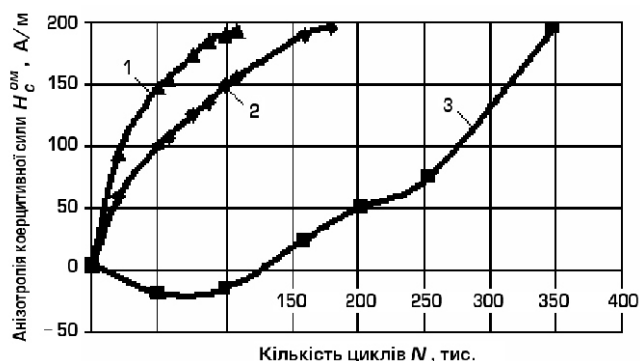


Рис. 7. Залежність анізотропії величини коерцитивної сили основного металу (сталь 10Г2С1) від кількості циклів і амплітуди напружень при циклічному навантаженні: 1 –  $a = 39 \text{ кг/мм}^2$ ; 2 –  $a = 34 \text{ кг/мм}^2$ ; 3 –  $a = 29 \text{ кг/мм}^2$

$18 \cdot 10^4$  циклів при  $a = 34 \text{ кг/мм}^2$  і  $12 \cdot 10^4$  при  $a = 39 \text{ кг/мм}^2$ . Таким чином, коерцитивна сила найбільш чутлива до втомних змін в ОМ при вимірюванні під кутом 0 по відношенню до прикладеного зусилля.

Залежність анізотропії величини коерцитивної сили ОМ від кількості циклів і амплітуди напружень при циклічному навантаженні представлена на рис. 7.

Встановлено, що граничні значення величини коерцитивної сили для сталі 10Г2С1, які відповідають передруйнівному стану при статичному та циклічному навантаженнях, близькі між собою.

Для вивчення впливу двовісного навантаження на коерцитивну силу проводились дослідження на стенді для гідравлічних випробувань високим тиском. Для цього були виготовлені трубчасті зразки з кільцевим зварним швом зі сталі 20 діаметром 160 мм і товщиною стінки 7 мм, які навантажувались східчато, через кожні 50 атм виконувались вимірювання в поздовжньому і поперечному напрямках. Результати вимірів заносились у банк даних пристрою реєстрації.

Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що при навантаженні зварних трубчастих зразків тиском, що відповідає напруженню, яке не перевищує межі пружності, і наступному знятті навантаження величини коерцитивних сил  $H_c^{3\beta,3}$  і  $H_c^{3\beta,3 om}$  змінюються за тими самими залежностями. Навантаження зварних трубчастих зразків тиском, що викликає пластичне деформування металу, призводить до зміщення



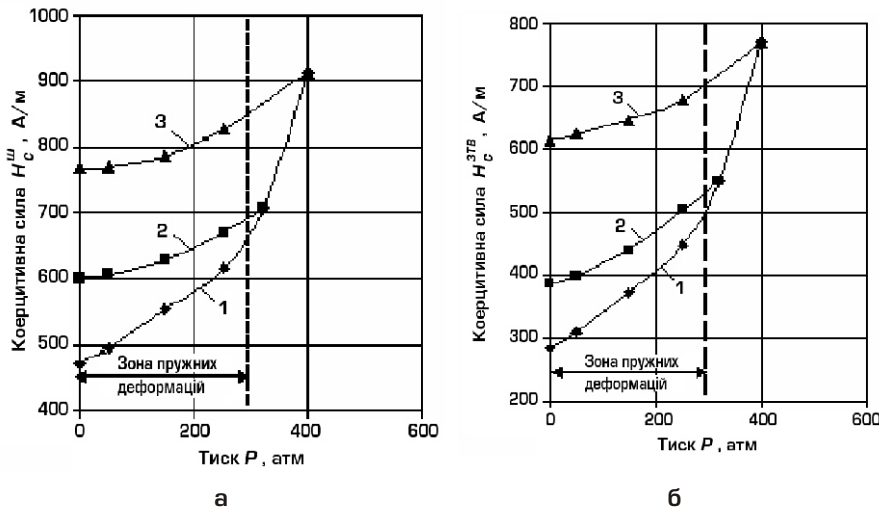


Рис. 8. Залежність коерцитивної сили  $H_c^u$  (а) і  $H_c^{zTv}$  (б) трубчастого зразка (сталь 20) від внутрішнього тиску:

1 – при навантаженні; 2, 3 – при розвантаженні відповідно для  $\tau$  та для  $\beta$

кривих  $H_c^{z\beta,3} = f(P_{\beta n})$  і  $H_c^{z\beta,3 \text{ ом}} = f(P_{\beta n})$  при розвантаженні і наступному навантаженні і, як наслідок, до зростання величини коерцитивних сил  $H_c^{z\beta,3}$  і  $H_c^{z\beta,3 \text{ ом}}$  у розвантаженому стані.

Для визначення коерцитивної сили в зварному шві та ЗТВ, а також граничних значень величин коерцитивних сил  $H_c^u$  і  $H_c^{z\beta}$  було проведено розрахунок на основі отриманих при випробуваннях даних. Величина коерцитивної сили зварного шва і ЗТВ визначалась на основі розробленої математичної моделі. У результаті розрахунку знайдено характерні значення коерцитивних сил  $H_c^{z\beta}$  і  $H_c^u$  у вихідному стані, при напруженні, що відповідає межі текучості  $\tau$ , а також при напруженні, що відповідає межі міцності  $\beta$ , і побудовані залежності  $H_c^u = f(P_{\beta n})$  і  $H_c^{z\beta} = f(P_{\beta n})$ , що наведені на рис. 8.

Значення  $H_c^{z\beta}$  і  $H_c^u$  при напруженні близько  $\beta$  є граничними для коерцитивних сил, що відповідають передруйнівному стану, для зварних трубчастих зразків зі сталі 20. Це дозволяє на основі результатів вимірювань та розрахунку відповідно до розробленої математичної моделі визначити граничні значення коерцитивних сил у локальних зонах кільцевого зварного з'єднання трубчастого зразка при двовісному навантаженні і на основі порівняння поточних та граничних значень величин коерцитивних сил прогнозувати залишковий ресурс конструкції.

За результатами досліджень розроблена методика прогнозування залишкового ресурсу

зварних з'єднань трубопроводів із застосуванням магнітного коерцитиметричного методу [4]. Методика включає визначення трьох груп параметрів: магнітних, геометричних, часових. Перед випробуваннями магнітним коерцитиметричним методом аналізується проектна документація обстежуваного трубопроводу, а також вивчаються умови і режими його експлуатації. Граничні значення коерцитивної сили визначаються в процесі випробувань зразків-свідків, які повинні відповідати зварним з'єднанням трубопроводу. Тому для таких зварних зразків-свідків доцільно використовувати труби аварійного

запасу обстежуваного трубопроводу.

Для оцінки надійності експлуатації трубопроводів на основі визначених у результаті розрахунку значень коерцитивних сил  $H_c^{z\beta}$ ,  $H_c^u$  і  $H_c^{z\beta \text{ ом}}$  зварного з'єднання зразка-свідка виділяються дві зони надійності експлуатації зварних з'єднань трубопроводу: надійна і небезпечна. До зони надійної експлуатації відносяться зварні з'єднання, значення коерцитивних сил  $H_c^{z\beta}$ ,  $H_c^u$  і  $H_c^{z\beta \text{ ом}}$  яких менше значень величин коерцитивних сил, отриманих при напруженні, що відповідають межі текучості  $\tau$ . До зони небезпечної експлуатації відносяться зварні з'єднання, для яких значення коерцитивних сил  $H_c^{z\beta}$ ,  $H_c^u$  і  $H_c^{z\beta \text{ ом}}$  більші значень величин коерцитивних сил, отриманих при напруженні, що відповідають межі текучості  $\tau$ .

Таким чином, за допомогою інтервальної шкали встановлюється показник оцінки результатів контролю зварних з'єднань магнітним методом і визначається надійність їхньої експлуатації. Це дозволяє в усьому часовому інтервалі від моменту введення до моменту виведення трубопроводу з експлуатації у залежності від величини коерцитивної сили висувати різні вимоги до режимів експлуатації зварних з'єднань і періодичності їх обстеження у рамках системи моніторингу.

Для оцінки стану зварних з'єднань трубопроводу на основі запропонованої математичної моделі з використанням даних експерименту

проводять розрахунок величин коерцитивних сил  $H_c^{зтв}$ ,  $H_c^{ш}$  і  $H_c^{зтв\ om}$ , а по інтервальній шкалі визначають зону надійності їхньої експлуатації. Зварні з'єднання відносять до тієї чи іншої зони надійності експлуатації на основі аналізу величини коерцитивної сили у зонах ЗТВ, Ш, ОМ. Результати розрахунку дозволяють за допомогою системи моніторингу прогнозувати стан трубопроводів. Прогноз будується на основі аналізу кінетики зміни отриманих при моніторингу поточних значень і граничного значення величини коерцитивної сили в зварному з'єднанні.

На підставі вихідного і граничного значень величини коерцитивної сили, а також значень величини коерцитивної сили в зварному з'єднанні, встановлених при моніторингу в процесі експлуатації, будується крива прогнозу часу експлуатації зварного з'єднання. Залишковий ресурс зварного з'єднання визначається як різниця між граничним прогнозованим терміном експлуатації (що відповідає стану руйнування) і часом експлуатації трубопроводу (на поточний момент). Величина залишкового ресурсу і належність до тієї чи іншої зони надійності експлуатації визначає тривалість і рекомендований режим експлуатації зварних з'єднань. Статистичний аналіз результатів моніторингу проводиться шляхом співставлення характеристик розподілів величин коерцитивних сил  $H_c^{зтв}$  і  $H_c^{ш}$  на різних етапах експлуатації трубопроводу, отриманих у процесі моніторингу зварних з'єднань.

Розроблена методика застосована на практиці [5]. Комплексні дослідження проведено на ділянці газопроводу Борислав – Дрогобич завдовжки 19 км, що був уведений в експлуатацію у 1964 р. Трубопровід діаметром 273 мм і товщиною стінки 8 мм виготовлено зі сталі 20. Виміри проводилися як на ділянках підземного укладання трубопроводів, так і на ділянках переходів через водойми. Для визначення граничних значень коерцитивної сили в зварному шві і ЗТВ був проведений розрахунок на основі даних, попередньо отриманих при випробуваннях зварних з'єднань зразків-свідків. Для оцінки стану зварних з'єднань трубопроводу було проведено розрахунок величин коерцитивних сил  $H_c^{зтв}$ ,  $H_c^{ш}$ ,  $H_c^{зтв\ om}$ , а також ранжування зварних з'єднань по зонах надійності експлуатації.

У таблиці представлено результати розрахунку значень коерцитивних сил зварних швів і зон термічного впливу на основі експеримен-

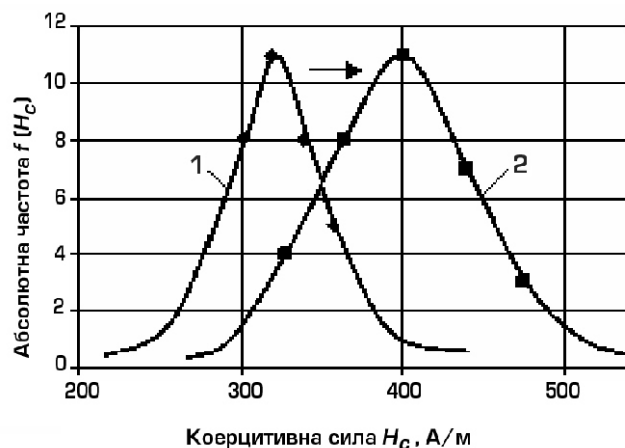


Рис. 9. Розподіл значень коерцитивної сили  $H_c^{зв.з}$  для кільцевих зварних з'єднань трубопроводу:

- 1 – трубопровід до експлуатації;
- 2 – трубопровід, що експлуатується

тальних даних вимірів у зварних з'єднаннях однієї з ділянок трубопроводу. Стан зварних з'єднань № 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 та 10 викликав найбільше занепокоєння. Значення коерцитивних сил у них перевищують значення коерцитивної сили при напруженні, що відповідає межі текучості. Як результат, ці з'єднання були віднесені до зони небезпечної експлуатації.

Для підвищення достовірності контролю трубопроводу було проведено також радіографічний, ультразвуковий та контроль твердості зварних з'єднань. Аналіз отриманих результатів досліджень методами дефектоскопії підтвердив дані магнітного коерцитиметричного методу.


**Результат розрахунку коерцитивних сил зварних з'єднань трубопроводу**

Номер зварного з'єднання	Величина коерцитивної сили, А/м		
	Зварний шов	ЗТВ <sub>1,2</sub>	Анізотропія
1	667	591	108
2	530	281	32
3	601	577	232
4	600	538	168
5	644	626	73
6	700	407	10
7	664	281	110
8	538	301	51
9	588	556	123
10	651	434	147

Таким чином, на основі аналізу стану зварних з'єднань (ЗТВ, Ш) кільцеві зварні з'єднання трубопроводу було віднесено до відповідних зон надійності експлуатації, визначено довговічність і надано рекомендації щодо режимів експлуатації ділянки трубопроводу. Встановлено, що для статистичного розподілу значень коерцитивних сил зварного з'єднання після сорока років експлуатації характерним є зсув середніх значень у напрямку збільшення на десятки відсотків, що свідчить про погіршення експлуатаційних властивостей усієї ділянки трубопроводу (рис. 9).

**Висновки.** Розроблена методика магнітного коерцитиметричного контролю може бути застосована не тільки для оцінки поточного стану і прогнозування індивідуального залишкового ресурсу зварних з'єднань трубопроводів, але і для інших типів металоконструкцій.

- [1] Бида Г.В., Горкунов Э.С., Шевнин В.М. Магнитный контроль механических свойств проката. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 252 с.
- [2] Лобанов Л.М., Бондаренко А.Ю., Бондаренко Ю.К. Оценка сварных соединений конструкций магнитным (коэрцитиметрическим) методом для прогнозирования индивидуального остаточного ресурса // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – № 1. – С. 1–6.
- [3] Лобанов Л.М., Півторак В.А., Пащин М.О., Бондаренко А.Ю., Логінов В.П., Савицький В.В. Нові методи оцінки технічного стану зварних з'єднань, визначення і регулювання залишкових напружень // Збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2004-2006 рр./Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». – К.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 2006. – С. 368–373.
- [4] Бондаренко А.Ю. Об оценке остаточного ресурса сварных соединений магнитным методом для обеспечения качества сварных конструкций и изделий // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – № 2. – С. 17–25.
- [5] Lobanov L.M., Bondarenko Yu.K., Bondarenko A.Yu., Gromyak Yu.R. Influence of service life of gas pipelines on magnetic properties of welded joints // Welding in the world. – 2007. – Vol. 51, № 5/6. – P. 1-7.

Надійшла 01.10.2007 р. 

УДК 624.023.93

## НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН ДВОТАВРОВОЇ БАЛКИ, ПІДСИЛЕНОЇ СМУГАМИ, ЩО ПРИВАРЕНІ ДО ЇЇ ПОЛИЦЬ ПРУЖНИМИ ФЛАНГОВИМИ ШВАМИ

Розглядається підсилення конструкції двотаврового профілю шляхом приварювання смуг до її полиць. У результаті приварювання і наступного напруження смуг виникає складний напружено-деформований стан. Діючі нормативні документи не дають рекомендацій щодо розрахунку таких конструкцій.

**Ключові слова:** двотаврова балка, підсилення, сталеві смуги, флангові шви.

**П**ідсилення будівельних металевих конструкцій можливо виконати різними методами. При цьому елементи підсилення (смуги, кутикові профілі тощо) приєднуються шляхом зварювання [1, 2, 3]. Основною задачею при проектуванні таких конструкцій є оцінка їх напружено-деформованого стану.

Розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) двотаврової балки, підсиленої смугами, що приварені до її полиць із внутрішніх сторін пружними фланговими швами, виконано з використанням розрахункової схеми балки у вигляді тришарового складеного стержня з неперервними пружними в'язями.



**О.В. Шимановський**  
голова правління  
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського», заслужений  
діяч науки і техніки України, д.т.н.,  
професор



**І.Ю. Перетяцько**  
аспірантка кафедри металевих  
і дерев'яних конструкцій ХДТУБА

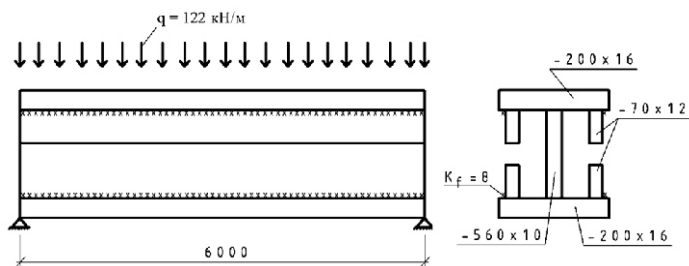


Рис. 1. Конструкція балки після підсилення

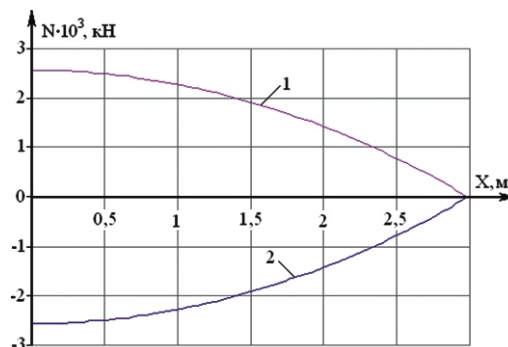


Рис. 2. Осьові зусилля у підсилювальних смугах: 1 – верхня; 2 – нижня

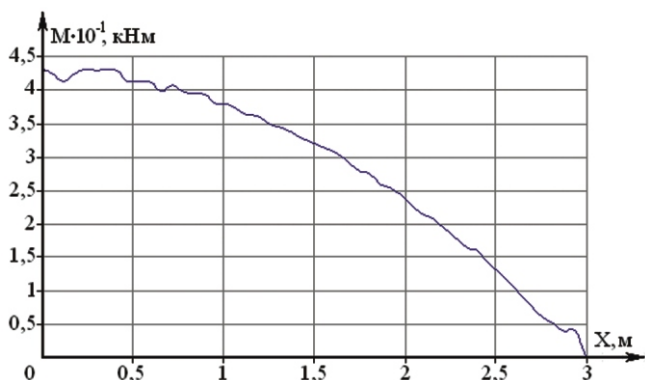


Рис. 3. Згинальні моменти  $M_2 = M_3$  у підсилювальних смугах



Рис. 4. Згинальний момент у двотаврі після підсилення

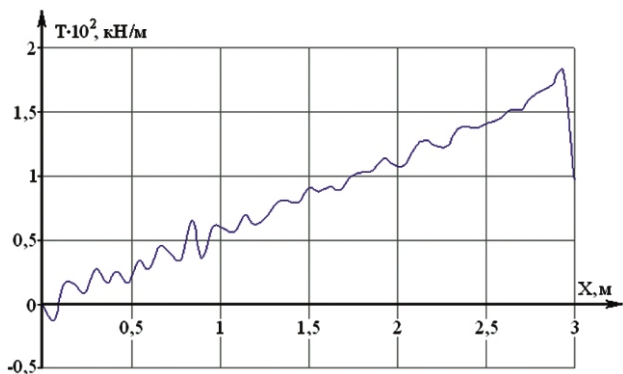


Рис. 5. Поздовжні зсувні зусилля у швах підсилення ( $T_{13}$ ,  $T_{12}$ )

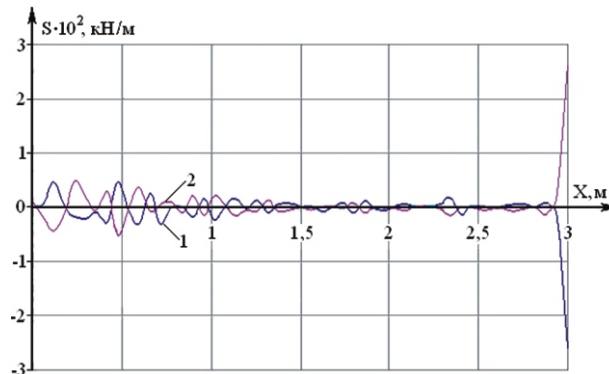


Рис. 6. Поперечні зусилля у швах підсилення: 1 – верхній; 2 – нижній

На рис. 1 наведена конструкція балки після її підсилення. При розрахунку напружено-деформованого стану балки прийняті наступні значення коефіцієнтів жорсткості флангових швів підсилення:  $K_{12} = K_{13} = 6,0 \cdot 10^8$  кН/м<sup>2</sup> і  $E_{12} = E_{13} = 4,37 \cdot 10^8$  кН/м<sup>2</sup>, які відповідають кутовим швам катетом  $K_f = 8$  мм.

Результати розрахунку напружено-деформованого стану підсиленої балки представлені у вигляді графіків, що наведені на рис. 2 – 6, на яких за початок координати  $X$  прийнята вісь си-

метрії балки. Максимальні нормальні напруження у крайніх верхніх та нижніх волокнах двотавра визначені за формулою  $\sigma_1 = \mp M_1 / W_1$ , а для верхньої та нижньої смуг підсилення – за формулою  $\sigma_i = N_i / A_i \mp M_i / W_i$ , де  $i = 2, 3$ . Причому у цих формулах індекс  $i$  має наступний сенс: 1 – двотавр; 2 – верхня підсилювальна смуга; 3 – нижня підсилювальна смуга.

У середньому перерізі балки ці напруження мають наступні значення:  $\sigma_1 = \mp 184,7$  МПа (до підсилення  $\sigma_1 = \mp 240,0$  МПа), тобто в результаті

підсилення значення  $\sigma_1$  зменшилося на 23 %; а  $\sigma_2^{\text{верх}} = 174,6$  МПа;  $\sigma_2^{\text{нижн}} = -130,8$  МПа;  $\sigma_3^{\text{верх}} = 130,8$  МПа і  $\sigma_3^{\text{нижн}} = 174,6$  МПа.

Умови міцності швів підсилення визначаються за формулами

$$V_{12} = (T_{12}^2 + S_{12}^2)^{1/2} \cdot (2 \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot c) / l_w,$$

$$V_{13} = (T_{13}^2 + S_{13}^2)^{1/2} \cdot (2 \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot c) / l_w.$$

Як впливає з рис. 5, 6, максимальні результативні значення зусиль у швах спостерігаються біля опор балки і вони є незначними. Так при  $x = 2,9$  м маємо:

$$V_{12} = (1,82^2 + 0,17^2)^{1/2} = 1,83 \text{ кН/см} < (2 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 18,0 \cdot 1 \cdot 1) / 1 = 20,16 \text{ кН/см},$$

$$V_{13} = (1,82^2 + (-0,144)^2)^{1/2} = 1,83 \text{ кН/см} < 20,16 \text{ кН/см}.$$

При  $x = 3,0$  м маємо:


$$V_{12} = (0,97^2 + (-2,55)^2)^{1/2} = 2,73 \text{ кН/см} < 20,16 \text{ кН/см};$$

$$V_{13} = V_{12}.$$

### Висновки.

- Розроблена методика розрахунку двотаврової балки, підсиленої смугами. Приварювання смуг здійснюється пружними фланговими швами. Результати розрахунків надані у вигляді графіків.
- Встановлено, що у результаті підсилення напруження у балці зменшилось на 23 %.

- [1] Лашенко М.И. Повышение надежности металлических конструкций зданий и сооружений при реконструкции. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1986. – 136 с.
- [2] Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций. Проектирование и расчет. – Л.: Стройиздат, 1988. – 288 с.
- [3] Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81\*)/УкрНИИпроект-стальконструкция. – М.: Стройиздат, 1989. – 159 с.

Надійшла 01.10.2007 р. 

УДК 624.044.69.024

## НЕЛІНІЙНЕ ДЕФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ВЕЛИКОПРОГОНОВОЇ СИСТЕМИ ПОКРИТТЯ ЛІТНЬОГО ТЕАТРУ

Розглядається методика чисельного дослідження просторової комбінованої сильнонелінійної оболонкової системи з елементами різної вимірності і жорсткості, яка забезпечує сумісність деформації на стисках рівновимірних фрагментів конструкцій і дає практично точні результати напружено-деформованого стану.

**Ключові слова:** аркові ферми, ванти, комбіновані оболонкові системи.

**П**окриття літнього театру з розмірами у плані 56 × 52 м є комбінованою оболонковою системою, що спирається на дві великопрогонові похилі аркові ферми прогоном 50 м і висотою у площині арки до 20 м. Основними несучими елементами покриття є поздовжні ван-

ти з кроком до 2 м, що кріпляться до арок. Ванти ортогонального напрямку з кроком до 3 м забезпечують просторову роботу комбінованої системи каркаса покриття. Оболонка являє собою м'який полімерний матеріал, наклеєний на основні ванти (рис. 1).



**С.М. Козловець**  
доцент Національного авіаційного університету,  
к.т.н.



**Н.О. Чабан**  
науковий співробітник ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»

Форма покриття моделюється за допомогою канонічних рівнянь поверхні гіперболічного параболоїда подвійної гаусової кривини. Вибрана форма оболонкової системи з раціонально підібраними кутами нахилу арок забезпечує їх роботу в основному на поздовжній стиск і практично зводить до мінімуму зусилля на поздовжній згин. Запропонована комбінована система покриття літнього театру є менш матеріаломіною і малочутливою до нерівномірних усадок, однак має значний ступінь кінематичної рухомості як під час монтажу, так і при експлуатації, тобто являє собою сильнонелінійну конструкцію. В зв'язку з цим для визначення адекватного напружено-деформованого стану необхідно використовувати уточнені методи розрахунків на основі нелінійної теорії пружності, методів нелінійного програмування і ефективних чисельних методів.

Для дискретної скінченно-елементної моделі сильнонелінійної оболонкової системи варіаційне рівняння руху з урахуванням дисипативних сил зводиться до диференціального рівняння руху еволюційної задачі

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + \{R(u)\} - \{Q(u)\} = 0, \quad (1)$$

де  $[M]$ ,  $[C]$  – матриці, що інтерпретуються як матриці ваги і в'язкого демпфірування;  $\{R(u)\}$ ,  $\{Q(u)\}$  – вектори узагальнених внутрішніх і зовнішніх сил;  $\{\ddot{u}\}$ ,  $\{\dot{u}\}$ ,  $\{u\}$  – вектори прискорень, швидкостей і приростів переміщень (крапкою позначена операція диференціювання за параметром « $t$ »).

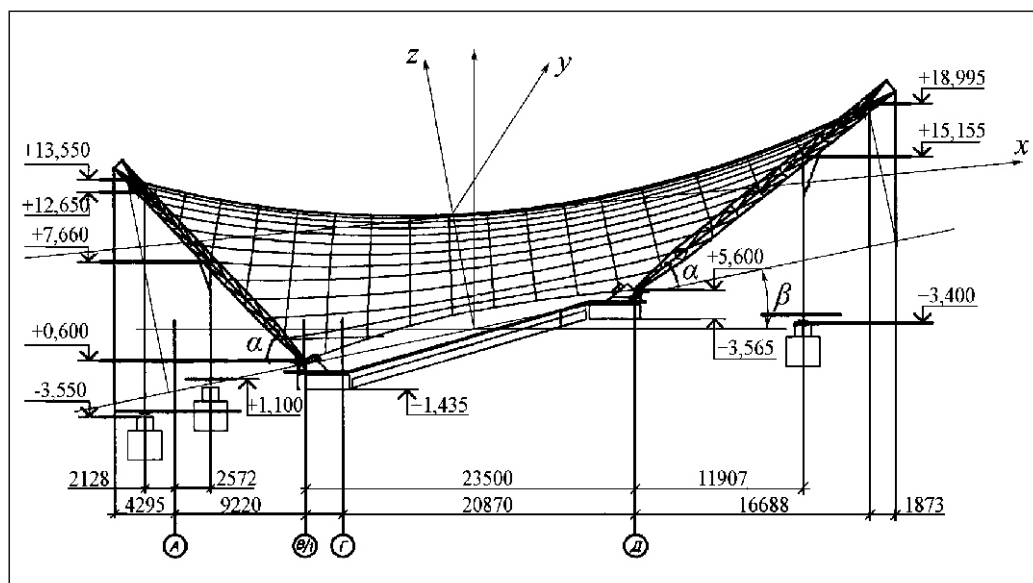


Рис. 1. Загальний вигляд покриття літнього театру

Відшукування розв'язку (1) виконується за допомогою методу установлення, що приводить дискретну модель у новий врівноважений стан, який відповідає новому рівню рівноваги та описується системою нелінійних рівнянь  $\{R(u)\} - \{Q(u)\} = 0$ . Швидкість установлення залежить від демпфірувальних властивостей моделі і ефективності алгоритму чисельного інтегрування. Керування процесом здійснюється належним вибором матриць  $[M]$ ,  $[C]$  і параметрів алгоритму інтегрування.

Система нелінійних рівнянь розв'язується на основі комбінації методів продовження за параметром збурення і в'язкої релаксації, що відповідає неявній різницевій схемі для параболічного диференціального рівняння

$$[C]\{\dot{u}^{n-1}\} + \{R(u^{n-1})\} - \{Q(u^{n-1})\} = 0; \quad (2)$$

$$[C] = c[D]; [D] = \text{diag}[K],$$

де  $[K]$  – лінеаризована матриця жорсткості;  $c$  – коефіцієнт в'язкого опору.

З використанням скінченних різниць побудовано рекурентні залежності неявного інтегрування (2) на кроці  $t = t(n-1)$ :

$$\left\langle K^n - \frac{2c}{t}(D^n) \right\rangle \{u_{i-1}^{n-1}\} + \{Q(u^{n-1})\} - \{R(u^{n-1})\} - c[D]^n \frac{2}{t} \{u_i^{n-1} - u^n\}; \quad (3)$$

$$\{\dot{u}_{i-1}^{n-1}\} = \frac{2}{t} \{u_{i-1}^{n-1}\}; \{u_{i-1}^{n-1}\} = \{u_i^{n-1}\} - \{u_{i-1}^{n-1}\}.$$

Таким чином, розв'язок (3) фактично зведено до розв'язку систем нелінійних рівнянь великого порядку з використанням методів Ньютона-Канторовича у поєднанні з методами продовження за параметром збурення і регуляризації.

Коефіцієнт в'язкого опору  $c$  представляється функцією, яка залежить від параметра « $t$ » за законом спадної арифметичної прогресії  $c^n = c^0(t)$ .

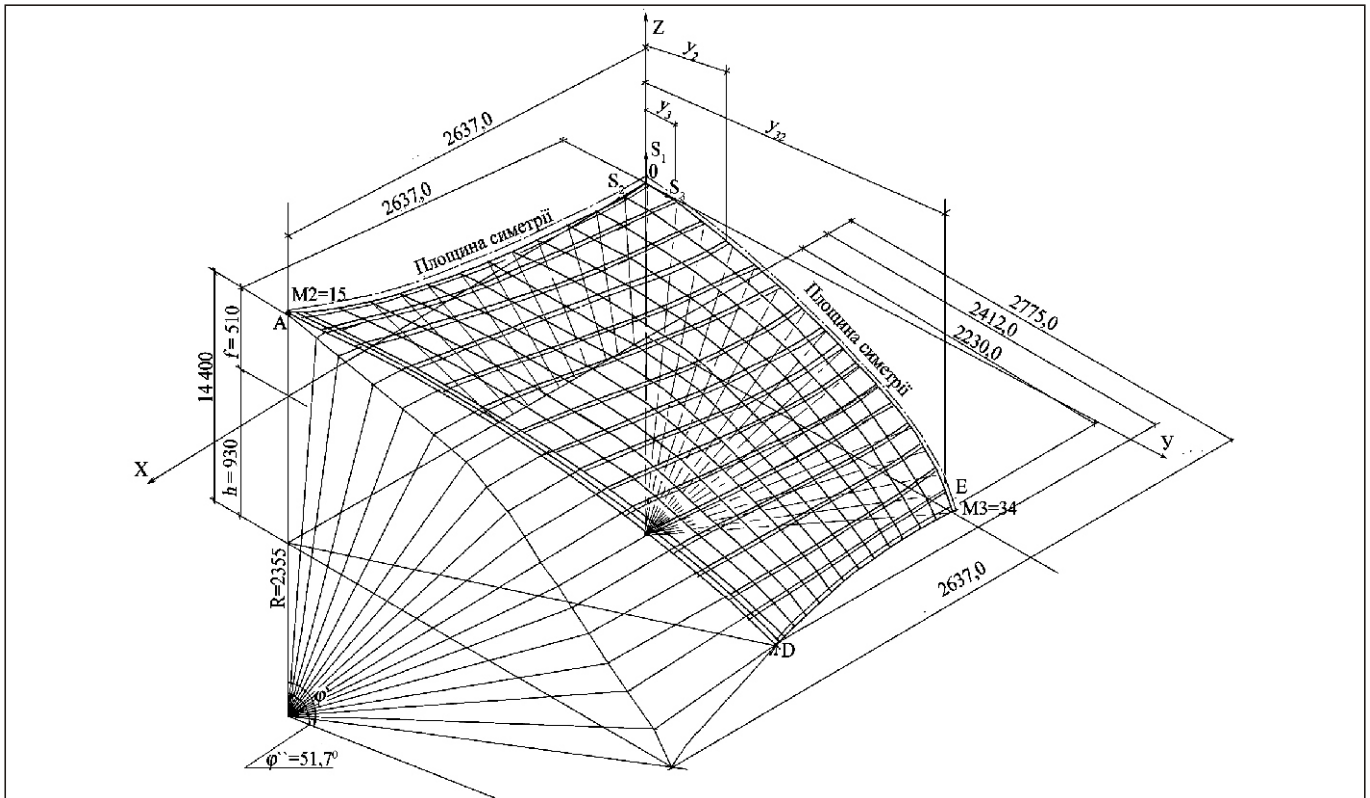


Рис. 2. Розрахункова схема покриття

З метою створення скінченно-елементної моделі покриття виконано геометричне і топологічне моделювання елементів каркаса комбінованої оболонкової системи, а саме: криволінійної арки-ребра, що лежить на серединній поверхні з нульовим ексцентриситетом; гнучкого ребра з прокату по нижній кромці гіперболоїда; високоеластичних включень із м'якої оболонки; пружно-піддатливих в'язів; ниток-ребер із прокату, що моделюють несучі ванти; вантів, що проковзують, які моделюються координатними нитками постійного натягу. Для наведених елементів обчислено еквівалентні геометричні та жорсткісні характеристики за поздовжньою і згинальною жорсткостями реального перерізу арки та визначено жорсткість і одиничну реакцію троса, що проковзує.

Прийнята конструктивна схема оболонкової системи покриття має дві площини симетрії і з двох боків обмежена фермовими арками, розміщеними під кутом до осі абсцис. Тому у якості розрахункової схеми прийнята 1/4 частина покриття (рис. 2).

Для дискретизації сильнонелінійної комбінованої системи покриття використано декілька типів скінченних елементів (СЕ): стрижневої просторової нитки скінченної жорсткості, іде-

альної нитки, мембрани та універсальної оболонки.

Дискретна модель розрахункового фрагмента має регулярну топологічну схему та наступні розміри сіткової області:  $S_1$   $M1$  2,  $S_2$   $M2$  15,  $S_3$   $M3$  34. Початок сіткових координат збігається з точкою 0 глобальної системи координат  $OXYZ$ , кінець – з точкою  $D$ , тобто з шарнірним спиранням п'яти криволінійної арки. Розміри регулярної області визначають кількість вузлів дискретної моделі  $HMS = M1$   $M2$   $M3 = 2$   $15$   $34 = 1020$  і кількість рівнянь скінченно-елементної моделі (без урахування накладених в'язів)  $k = HMS$   $3 = 1020$   $3 = 3060$ .

Граничні умови розрахункової схеми реалізовані накладанням в'язів уздовж осей глобальної системи координат по площинах симетрії, а спирання на фундаменти прийнято шарнірним. Крім вказаних, накладаються і пружно-піддатливі в'язи, у вузлах арки з сітковими координатами  $N_1^o$   $S_1$  1,  $S_2$  14,  $S_3$  9;  $N_2^o$   $S_1$  1,  $S_2$  14,  $S_3$  19 та біля опорного контуру  $N_3^a$   $N_7^a$   $S_1$  1;  $S_2 = 1, 9, 2$  (через 2:1, 3, 5, 7, 9);  $S_3 = 34$ , в яких визначаються реакції в'язів на сумарне переміщення з протилежним знаком.

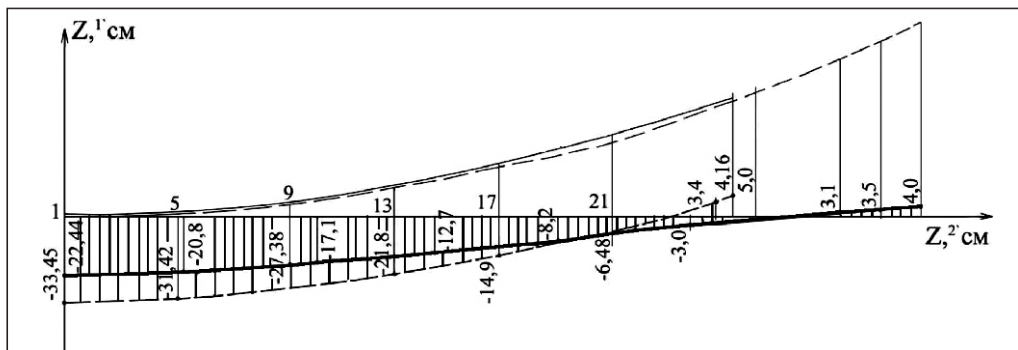


Рис. 3. Епюри переміщень вузлів  $u_N^1$ , що лежать у площині симетрії  $OZ^1Z^2$ :

--- початкова форма; ——— оптимальна форма.

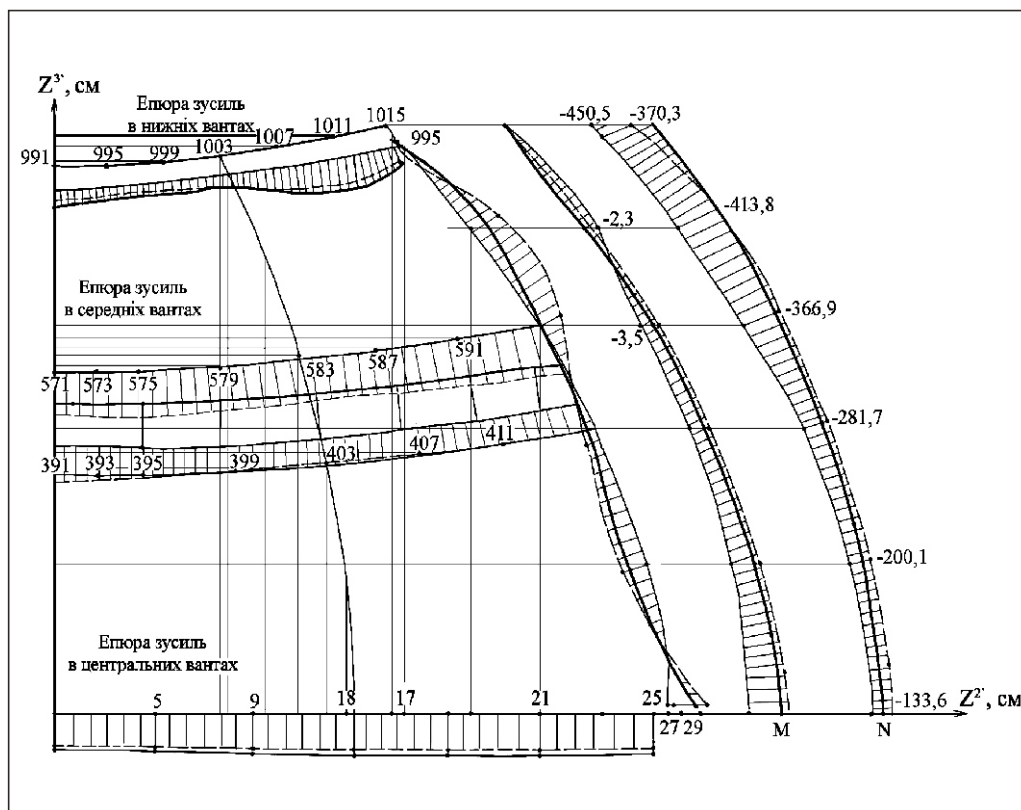


Рис. 4. Епюри переміщень вузлів  $u_N^2$ , зусиль і згинальних моментів в елементах каркасів:

--- початкова форма; ——— оптимальна форма

Навантаження об'ємного характеру визначено з використанням узагальненого параметра густини з урахуванням ваги підвісної стелі і електрообладнання –  $\rho = 0,0137 \text{ кг/см}^3$ , що відповідає навантаженню  $q = 0,62 \text{ кН/м}^2$ . Основним зовнішнім впливом на оболонку прийнято сполучення зовнішніх навантажень і власної ваги конструкції з урахуванням ваги обладнання. Власна вага одиниці площі поверхні

оболонки з урахуванням густини матеріалу  $\rho = 0,0015 \text{ кг/см}^3$  моделюється як об'ємне навантаження приведеної ваги. Власну вагу каркасних елементів прийнято з урахуванням співвідношень густини включень і оболонки з приєднаними масами.

Снігове навантаження моделюється таким чином, що прийнявши кривину поверхні оболонки у напрямку  $Z^2$  положистою, а в напрямку  $Z^3$  за законом косинуса, отримаємо функцію інтенсивності снігового навантаження у виді

$$q_c^N = q_c^{\max} \cos \frac{Z_N^3}{2Z_{991}^3},$$

де  $Z_N^3$  – координата по третьому напрямку глобальної системи координат вузла розрахункової моделі;  $Z_{991}^3$  – координата крайнього вузла в площині симетрії  $OZ^1Z^3$ ;  $q_c^{\max}$  – максимальна інтенсивність снігового навантаження.

Величина зусиль в елементах постійного тяжіння підібрана в середньому під максимальну інтенсивність вітрового відсмоктування, що становить  $10 \text{ кН}$  у кожному ковзному тросовому елементі.

При дослідженні нелінійного деформування сильнонелінійної конструкції покриття розв'язувались задачі оптимізації форми і структури відносно обмеженої кількості узагальнених параметрів проектування та дослідження напружено-деформованого стану дискретної комбінованої системи.



Розрахунок зі змінними проектування виконувався за спеціальним алгоритмом в'язкої релаксації. Кількість кроків подовжень за параметрами зовнішніх впливів (власна вага з приєднаними масами, снігове навантаження, зусилля постійного тяжіння у вантах, що проковзують) становила 150. На початковому кроці підбирався коефіцієнт в'язкої релаксації, що змінювався від  $c^0 = 0,1$  до  $c(t = 150) = 0,05$ . Кількість ітерацій за методом Ньютона-Конторовича на перших 130 кроках становила 20–30 при зниженні норми вектора нев'язки до 3-х порядків, на останніх 30-ти кроках кількість ітерацій досягла 120–150 зі зниженням норми вектора нев'язки до 10-ти порядків, тобто норма вектора нев'язки залишалась у межах  $1 \cdot 10^{-2}$  до 130 кроку подовження, а остаточно –  $1 \cdot 10^{-10}$ .

За результатами розрахунків для найбільш навантажених перерізів арки перевірені умови міцності з урахуванням зусиль в еквівалентному перерізі і параметрів у розрахунковій схемі реального перерізу. Аналіз кривих поверхні оболонки в перерізах площин симетрії і арці показує, що кривина поверхні суттєво змінюється і арка займає таке положення, що ексцентриситет стискальних сил значно зменшується. Незначне збільшення прогону в середньому поздовжньому перерізі впливає на збільшення зусилля в несучих вантах до 12 %.

Епюри переміщень вузлів  $u_N^1$ , що лежать у площині симетрії  $OZ^1Z^2$  (рис. 3), наочно демонструють вплив оптимальної форми – переміщення зменшуються на 30 % і характер епюри плавний без змін кривини деформованої форми у порівнянні з початковою.

На рис. 4 наведені епюри: переміщень арки з площини  $u^2$ , поздовжніх сил і згинальних моментів у арці, а також епюри зусиль у вантах (центральної, середньої і нижньої). Епюри мають плавний характер. Істотно змінюється у бік зменшення ордината епюри поздовжніх згинальних моментів у арці. Епюра розподілу поздовжніх зусиль завдяки використанню оптимальної форми комбінованої системи демонструє пропорційне збільшення поздовжніх сил від ключа арки до п'яти, що відповідає характеру навантаження арки за рахунок реакції висячих несучих вантів.

**Висновки.** Запропонована методика чисельного дослідження просторової комбінованої сильнонелінійної оболонкової системи з елементами різної вимірності і жорсткості забезпечує абсолютну сумісність деформацій на стиках різновимірних фрагментів конструкції і дає практично точні результати напружено-деформованого стану.

[1] Шимановский А.В., Цыхановский В.К. Теория и расчет сильнолинейных конструкций. – К.: Изд-во «Сталь», 2005. – 432 с.  
 [2] Баженов В.А., Цыхановський В.К., Кислоокий В.М. Метод скінченних елементів у задачах нелінійного деформування тонких та м'яких оболонок. Київ: КНУБА, 2000. – 386 с.  
 [3] Метод конечных элеменов в механике твердых тел / Под общ. ред. А.С. Сахарова и И. Альтенбаха. – К.: Вища школа, 1982. – 480 с.

[4] Кислоокий В.Н., Цыхановский В.К., Шимановский А.В. Решение задач формообразования и расчета сильнонелинейных пространственных покрытий / Строительная механика и расчет сооружений. – 1998. – № 5. – С. 1–4.  
 [5] Михайленко В.Е., Цыхановський В.К., Козловець С.М. Управління формою тонкої оболонки розрахункового фрагмента водопідпірної споруди // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К: КНУБА. – 2002. – Вип. 71. – С. 3–8.

Надійшла 04.06.2007 р. 

УДК 622.837:622.838

# МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ПРОДОВЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС В УМОВАХ РИЗИКУ КАРСТОПРОЯВЛЕННЯ

Рівненська АЕС побудована на ґрунтах, які мають ознаки карстопроявлення. При вичерпанні деформаційного ресурсу основи за рахунок збільшення карст можливі неприпустимі осадки та перекоси споруд. Пропонується методологія визначення стану і оцінки ризику виникнення неприпустимих розмірів будь-яких форм карсту, яка дає можливість своєчасно визначити ступінь враження основи на території Рівненської АЕС.

**Ключові слова:** теорія ризиків, карсти, Рівненська АЕС, надійність, імовірність.

**П**роцес карстоутворення складається з трьох етапів:

*інкубаційний* – коли в ґрунті виникають пори через розчинення солей;

*карстоутворювальний* – поява пустот через вимивання дрібних часток ґрунту;

*карстопровальний* – карсти досягають критичних розмірів, що може призвести до аварії споруд.

Інкубаційний період карстоутворення пов'язаний із розчиненням кристалів солі, вапна тощо, що містяться в ґрунті, внаслідок переміщення ґрунтових вод.

Тривале випалювання елементів, що розчиняються у воді, робить ґрунт пористим і схильним до карстоутворення. Кількість розчинних елементів  $M$  (у молях) можна визначити за формулою

$$M = d^2 I_1 \frac{nA}{mB nA},$$

де  $m$ ,  $n$  – кількість атомів елементів, що не розчиняються і розчиняються в зерні ґрунту відповідно;  $d$  – діаметр зерна ґрунту або розчинного кристала;  $I$  – ширина збідненої зони, м;  $I_1$  – щільність ґрунту після карстоутворення,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;



**Т.І. Матченко** – ГІП, к.т.н.,

**М.В. Скуз** – науковий співробітник,

**Н.М. Баклан** – інженер

(відділ об'єктів атомного енергобудування ВАТ «УкрНДІ-проектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»)

$A$  – відносні атомні маси елементів, що розчиняються в зерні ґрунту;  $B$  – відносна атомна маса в зерні ґрунту елементів, що не розчиняються.

За визначений час (сек) зерно ґрунту втрапить за рахунок розчинення

$$M = \frac{D d^2 C_2 I_1}{I 100},$$

де  $D$  – коефіцієнт дифузії елемента, що розчиняється;  $C_2$  – щільність ґрунту до початку процесу карстоутворення,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $M$  – кількість ЕЛА, г;  $C$  – концентрація елемента у фазі, % по масі.

$$\text{Звідси } I_1 = \frac{M I 100}{D d^2 C_2} \text{ сек.}$$

**Період утворення карст.** Швидкість  $g$  ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) карстоутворення можна моделювати поліномом

$$g = a_0 + a_1 \lg a_2 d + a_3 \lg(pH) + a_4 P + a_5 \lg(T),$$

де  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – коефіцієнти;  $g$  – швидкість дифузії води,  $\text{м}/\text{год}$ ;  $d$  – складова мінералу, що розчиняється у воді, %;  $pH$  – кислотно-лужний баланс;  $T$  – температура ґрунту,  $^\circ\text{C}$ ;  $P$  – поровий тиск у ґрунті, Па.

Відомо, що з часом чинники, які впливають на швидкість карстоутворення, можуть змінюватися (рівень ґрунтових вод, температура середовища), тому об'єм карстоутворення можна визначити за формулою

$$Q(\text{м}^3) = \int g(t) dt.$$

**Вплив чинників навколишнього середовища на карстоутворення в районі Рівненської АЕС.** Гармонічні цикли природи, отримані внаслідок аналізу реального експлуатаційного режиму навантаження вибраним методом схематизації, можна різними способами скласти в макроблок. Тому необхідно знати, який вплив здійснює порядок цих циклів у мікроблоці під час критичного (аварійного) карстоутворення. Не менш важливо з'ясувати вплив циклічної зміни рівня ґрун-

тових вод, швидкості ґрунтових потоків із амплітудами менше межі, при якій відбуваються інкубаційні процеси.

Багаточисельні експерименти підтверджують, що зміна порядку циклів у макроблоці впливу чинників може іноді суттєво змінити результат випробувань. А це є основним недоліком при розрахунку критичного карстоутворення за допомогою лінійної гіпотези Пальмгрена-Майнера. Можна проаналізувати, яким саме чином зміни рівня ґрунтових потоків при постійній чисельності чинників у макроблоці впливають на величину карстоутворення  $Q$ . Але при будь-якому упорядкуванні циклів у макроблоці величина аварійного карстоутворення повинна знаходитись у межах  $Q_{\max}$ ;  $Q_s$ ;  $Q_{bl}$ ), що кількісно обмежує інтервал впливу упорядкованих амплітуд чинників карстоутворення на час карстопровалу.

Таким чином, величина  $Q_s$  в даному інтервалі залежить від кількості окремих амплітуд у макроблоці чинників впливу. Чим більше максимальних амплітуд, тим більша імовірність, що  $Q_s$  буде знаходитись поблизу  $Q_{\max}$ .

Навіть при одному значенні  $Q_{\max}$  в макроблоці величина  $Q$  може знаходитись у другій половині інтервалу тільки у разі розташування амплітуд у зменшувальному ряду і тільки за умови, що початок макроблока при повторенні

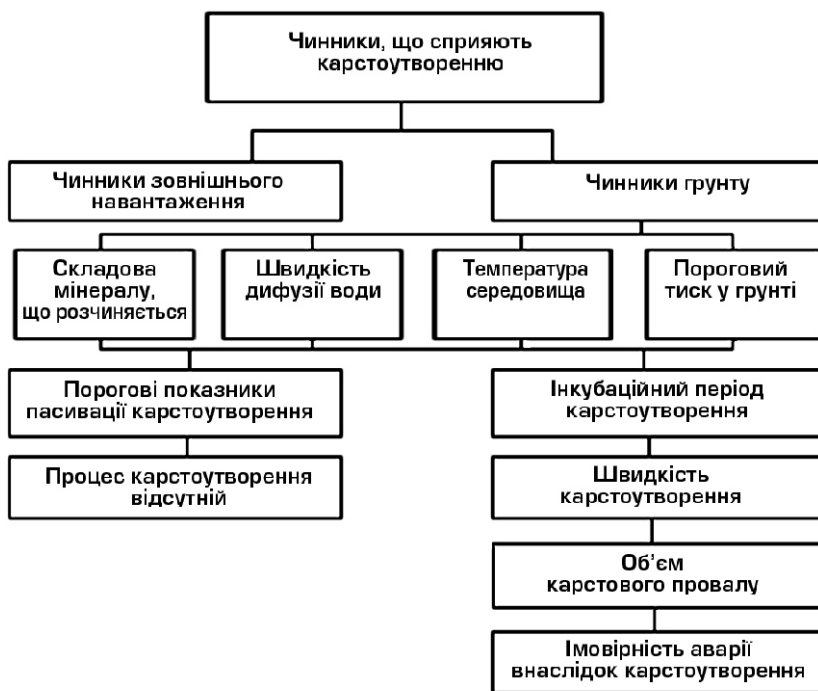
буде поряд зі значенням  $Q_{\max}$ . Це означає, що навіть при високих рівнях (або інших чинників) у більшості випадках не буде грубою помилкою для вирахування довговічності застосування спрощених виразів для  $Q_s$ ,  $Q_{\max}$ . За гіпотезою Пальмгрена-Майнера пошкодження від одного макроблока чинників впливів визначається за формулою

$$d_{\text{карст}} = \frac{a_1 Q_1}{Q_1} \dots \frac{a_r Q_r}{Q_r} (\%),$$

де  $d_{\text{карст}}$  – відсоток втрати ґрунту (карстоутворення) в межах від пошкодження ґрунту до аварійного (карстопробвалів) стану за час, що розглядається ( $t$ );  $Q_1, Q_r$  – об'єм карстоутворення при циклі зі швидкістю потоку ґрунтової води  $v_1$  або  $v_r$  відповідно;  $a_1, a_r$  – поправкові коефіцієнти, які враховують послідовність у ряду швидкостей потоку води.

Відомо, що Рівненська АЕС побудована на ґрунтах, які мають ознаки карстопроявлення [1–3]. Спостереження свідчать, що карстовий процес, карстопроявлення, виникнення карстових пробвалів обумовлені великою кількістю випадкових чинників і мають яскраво виражений стохастичний характер внаслідок різних причин. У зв'язку з цим у переважній більшості випадків при подальшій експлуатації будівель і споруд Рівненської АЕС та при будівництві об'єктів протикарстового захисту доводиться приймати рішення в умовах невизначеності. Стохастичність карстового середовища обумовлена суттєвим розкидом геометричних, фізико-механічних і хімічних параметрів, розкидом та невизначеністю міцнісних властивостей і здатністю розчиняти частки ґрунту.

Серед усіх існуючих можливостей опису та аналізу розвитку карстового процесу найбільш перспективним вважається застосування теорії надійності. При цьому заслуговують на увагу методи теорії надійності, які використовують засоби теорії ймовірності і теорії випадкових процесів для моделювання процесів, що змінюються в часі, і випадкових процесів функціонування системи з інженерної, фізичної, фізико-хімічної і екологічної точок зору.



Блок-схема процесу карстоутворення

При вивченні в загальному вигляді усіх карстових процесів, які мають явно деградаційні ознаки, перевага віддається застосуванню стохастичного диференційного кінетичного рівняння, яке вперше було запропоновано японським математиком Кенсо Іто,

$$dy(t) = m(t)dt + \sigma(t)dx(t),$$

де  $m(t)$ ,  $\sigma(t)$  – відповідно середня швидкість зміни визначального параметра і його середньоквадратичне відхилення;  $x(t)$  – випадкова складова гаусовського процесу.

Імовірність безвідмовного функціонування основи під підвалинами Рівненської АЕС визначається залежністю  $P = P(z)$ . Якщо відомі параметри, які характеризують ушкодження того або іншого об'єкта на території АЕС внаслідок карстових провалів, можна оцінити вразливість об'єкта при розвитку карстового процесу.

Якщо визначити прогнозований геометричний розмір (об'єм) карстового провалу або іншої карстової форми через  $Q$ , можна отримати залежність, яка дає можливість прослідкувати весь процес розвитку карсту в часі, а саме:

$$Q = \frac{2mt}{1 - z^2 v^2 \sqrt{(2 - z^2 v^2)^2 - z^2 v^2}},$$

Час до першого досягнення порогового значення (1) можна визначити за формулою

$$t = \frac{2 - z^2 v^2 \sqrt{(2 - z^2 v^2)^2 - z^2 v^2}}{2},$$

де  $z$  – відношення критичного розміру карсту до значення, що змінюється в часі середньої швидкості змінення визначального параметра  $m$ . Відповідно до геометричних розмірів (об'єму) карсту  $m = Q$ ;

$d/m$ ;  $v = z^2 / m^2$ ;  $z$  – статистичний запас карстоутворення, який визначає безаварійне функціонування основи під підвалинами Рівненської АЕС.

Для оцінювання ризику утворення карстових пустот, які можуть спричинити аварійний стан Рівненської АЕС, необхідно дати оцінку надійності стану підсистеми, а після цього – виникненню небажаного стану карстової системи (ризик провалів).

При розрахунку імовірності виникнення небажаного стану вважається, що відмова вна-

слідок виходу значень показників, що характеризують окремі деградаційні процеси за межами граничних станів, є випадковою і незалежною. Тоді імовірність невиникнення небажаного стану для карстової системи в цілому протягом часу  $t$  можна визначити за відомим в теорії надійності виразом

$$R_c(t) = R_1(t)R_2(t)\dots R_i(t)\dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

де  $R_i(t)$  – імовірність невизначеного функціонування окремої ділянки або шару основи на території Рівненської АЕС;  $R_c(t)$  – імовірність невизначеного функціонування усієї території АЕС.

Імовірність ризику аварії на території, що знаходиться під впливом карстоутворення, визначається наступним рівнянням:

$$r(t) = 1 - \prod_{i=1}^n R_i(t).$$

Імперічна щорічна імовірність збільшення  $P_m$  геометричного розміру карстового провалу  $Q$  визначається за формулою

$$P_m = m/(n + 1) \cdot 100 \%,$$

де  $m$  – порядковий номер членів ряду вимірювання характеристики карстоутворення  $Q$ , розташований у порядку зменшення;  $n$  – загальна кількість членів ряду.

Імперічні криві розташування щорічних ймовірностей перевищення  $Q$  будуються на градах ймовірностей. Тип ґратки ймовірності вибирається у відповідності з прийнятою аналітичною функцією розподілення ймовірностей і отриманого співвідношення коефіцієнта асиметрії  $C_s$  до коефіцієнта варіації  $C_v$ .

Для згладження і екстраполяції імперічних кривих розподілення щорічних ймовірностей перевищення  $Q$  застосовується трипараметричне гама-розподілення при будь-якому відношенні  $C_s / C_v$ . При належному обґрунтуванні припускається застосування біноміальної кривої розподілення (при  $C_s > 2C_v$ ) або інші функції розподілення ймовірностей. При неоднорідності ряду вимірювань величини корозії  $Q$  методом ультразвукового контролю (УЗК) припускається застосування усіченої та складової кривої розподілення щорічних ймовірностей перевищення  $Q$ .

Розрахунковий коефіцієнт варіації  $C_v$  і коефіцієнт асиметрії  $C_s$  для трипараметричного гама-розподілення методом найбільшої правдоподібності треба визначити в залежності від статистики  $\bar{Q}_i$  за формулами

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^n k_i^2 / (n-1)}{\sum_{i=1}^n k_i / (n-1)}; \quad C_s = \frac{\sum_{i=1}^n k_i^3 / (n-1)}{\sum_{i=1}^n k_i / (n-1)},$$

де  $k_i$  – модульний коефіцієнт характеристики карстоутворення  $Q$  за формулою  $k_i = Q_i / \bar{Q}_i$ ,

де  $Q_i$  – щорічне збільшення об'єму карстоутворення;  $\bar{Q}_i$  – середнє багаторічне значення характеристик карстоутворення, що визначається в залежності від кількості років  $n$  спостережень за формулою  $\bar{Q}_i = \sum_{i=1}^n Q_i / n$ .

За отриманими значеннями статистик  $C_v$  і  $C_s$  визначають розрахункові коефіцієнти асиметрії за діаграмами.

Коефіцієнти варіації  $C_v$  і асиметрії  $C_s$  для трипараметричного гама-розподілення і біномного розподілення методом моментів визначаються за формулами

$$C_v = (a_1 + 1/n - a_2) + (a_3 + 1/n - a_4) \check{C}_v + (a_5 + 1/n - a_6) \check{C}_v^2;$$

$$C_s = (b_1 + 1/n - b_2) + (b_3 + 1/n - b_4) \check{C}_s + (b_5 + 1/n - b_6) \check{C}_s^2,$$

де  $a_1, \dots, a_6; b_1, \dots, b_6$  – коефіцієнти, що визначаються за таблицями;  $\check{C}_v$  і  $\check{C}_s$  – відповідно зміщені коефіцієнти варіації і асиметрії, які визначаються за формулами

$$\check{C}_v = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2 / (n-1)}{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^{1/2}};$$

$$\check{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3 / \check{C}_v^3 (n-1)(n-2)}{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3 / \check{C}_v^3 (n-1)(n-2)}.$$

Розрахункові значення відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнтів варіації та автокореляції слід приймати як середнє серед значень, які встановлені за даними спостережень карстових процесів. Якщо немає можливості виконати розрахунок зростання карстових утворень, то припускається застосувати графоаналітичний і графічний методи. Параметри біномного розподілення графоаналітичним методом визначаються за формулами

$$S = (Q_{5\%} - Q_{95\%} - 2Q_{50\%}) / (Q_{5\%} - Q_{95\%});$$

$$(Q_{5\%} - Q_{95\%}) / (Q_{5\%} - Q_{95\%});$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - 50\% S,$$

де  $Q_{5\%}, Q_{50\%}, Q_{95\%}$  – величини збільшення об'єму карстових утворень відповідно на 5%, 50%, 95%, які встановлені по заглаженій імперичній кривій розподілення;  $Q_{5\%}, Q_{50\%}, Q_{95\%}$  – нормативні ординати біноміальної кривої розподілення, які відповідають розрахунковим значенням коефіцієнта скошеності  $S$ .

Величина коефіцієнта асиметрії визначається за функційною залежністю від коефіцієнта  $S$ . При визначенні параметрів графічним методом використовують набір ґратки ймовірностей при фіксованому відношенні  $C_s / C_v$ .

### Висновки.

- Викладені методи дозволяють значно ширше і глибше дослідити процеси карстоутворення і пов'язані із цим негаразди, ніж ті методи, що використовувались раніше. Запропонований спосіб моделювання процесу карстоутворення дозволяє ефективніше моделювати реальний механізм зміни в часі карстопроявлення, карстових деформацій, карстових пустот та інших форм карсту в залежності від домінуючого параметра.
- Розроблена методологія визначення стану і оцінки ризику виникнення неприпустимих розмірів будь-яких форм карсту дає можливість своєчасно визначити ступінь враження експлуатованої карстонебезпечної території Рівненської АЕС, яка знаходиться під впливом ряду антропогенних та інших навантажень.

- 
- [1] Отчет по теме: «Инженерно-геологическая оценка и районирование территории существующей и перспективной застройки пгт Кузнецовск Ровенской АЭС и прилегающей к нему зоны по условиям, характеру и степени развития карста». М.: ПНИИИС, 1984.
  - [2] Ровенская АЭС. Заключение о карстологическом обследовании промышленно-городской агломерации. М.: Институт литосферы АН СССР, 1989.
  - [3] Ровенская АЭС, I очередь строительства, промплощадка. Энергоблоки № 1, 2, 3. Изучение карстово-суффозионных процессов. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. В 2 книгах. Львов: Львовское отделение Атомтеплоэлектропроект, 1986.

Надійшла 03.07.2007 р.

УДК 624.19.625.123

# ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-КОММУНИКАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ В г. АШХАБАДЕ

Рассматриваются особенности проектирования дренажно-коммуникационного тоннеля в г. Ашхабаде, целью строительства которого является понижение уровня грунтовых вод, размещение канализационных и водопроводных сетей, систем электроснабжения и связи, что позволяет освободить уличное пространство от перенасыщения коммуникациями.

The peculiarities in design of drainage and communication tunnel are under consideration. The purpose of this project is a reduction of underground water level, arrangement of sewerage and water supply nets, power supply and communication systems, that provides possible to make free the street space from excessive communication networks.

**Ключевые слова:** дренажно-коммуникационный тоннель, водопонижение, лучевые дрены, канализационные и дренажные стоки.

**Т**ерритория, на которой расположен г. Ашхабад, в последние годы находится в подтопленном состоянии: ее грунтовые воды относятся к четвертичным отложениям и залегают на глубинах 0,25–5 м от поверхности земли [1]. Источником питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, потери из канализационных и тепловодопроводных сетей, фильтрация из Каракум-реки (на севере), а также инфильтрация при поливе. Действующая в настоящее время система дренажа в виде вертикальных скважин существенного эффекта не дает, что негативно влияет на устойчивость зданий, сооружений и коммуникаций. Это положение усугубляется еще и высокой сейсмичностью (до 10 баллов) территории, на которой расположен город.

В соответствии с межправительственным соглашением между Украиной и Туркменистаном в 2001 г. украинской строительной ассоциации «Интербудмонтаж» (г. Киев) было предложено осуществить «под ключ» строительство дренажно-коммуникационного тоннеля для обеспечения понижения уровня грунтовых вод до глубины 4–6 м на границе 500-метровой зоны в каждую сторону от оси тоннеля. Параллельно в тоннеле предусматривалась прокладка канализационных и водопроводных сетей, а также систем электроснабжения и связи, что позволило бы освободить уличное пространство от перенасыщения коммуникациями.

СА «Интербудмонтаж» в качестве генерального проектировщика был выбран институт «УкрНИИводоканалпроект», а субпроектировщика – институт «Укрметротоннельпроект», в функцию которого входило проектирование кон-



**М.Н. Лившиц**  
зам. главного инженера  
ГИ «УкрНИИводоканалпроект»



**А.И. Оглобля**  
директор  
ГИ «УкрНИИводоканалпроект»,  
д.т.н., профессор

струкции тоннеля и его проходки. В дальнейшем эта функция перешла к институту «Укр-спецтоннельпроект».

В состав проектируемого комплекса сооружений входят:

- дренажно-коммуникационный тоннель (ДКТ) с внутренним диаметром 5,1 м и длиной 16,5 км, на котором размещено 15 камер;
- сбросные тоннели № 1 и № 2 с внутренним диаметром 3,0 м и длиной 6,65 и 6,95 км соответственно, соединяющиеся в одной точке (камера К-0). Общее количество камер на сбросных тоннелях равно 7;
- сбросной коллектор сечением 6 × 3 м и длиной 1 км;
- земляной канал длиной 1,5 км.

К особенностям проектирования ДКТ следует отнести: неглубокое заложение тоннеля –

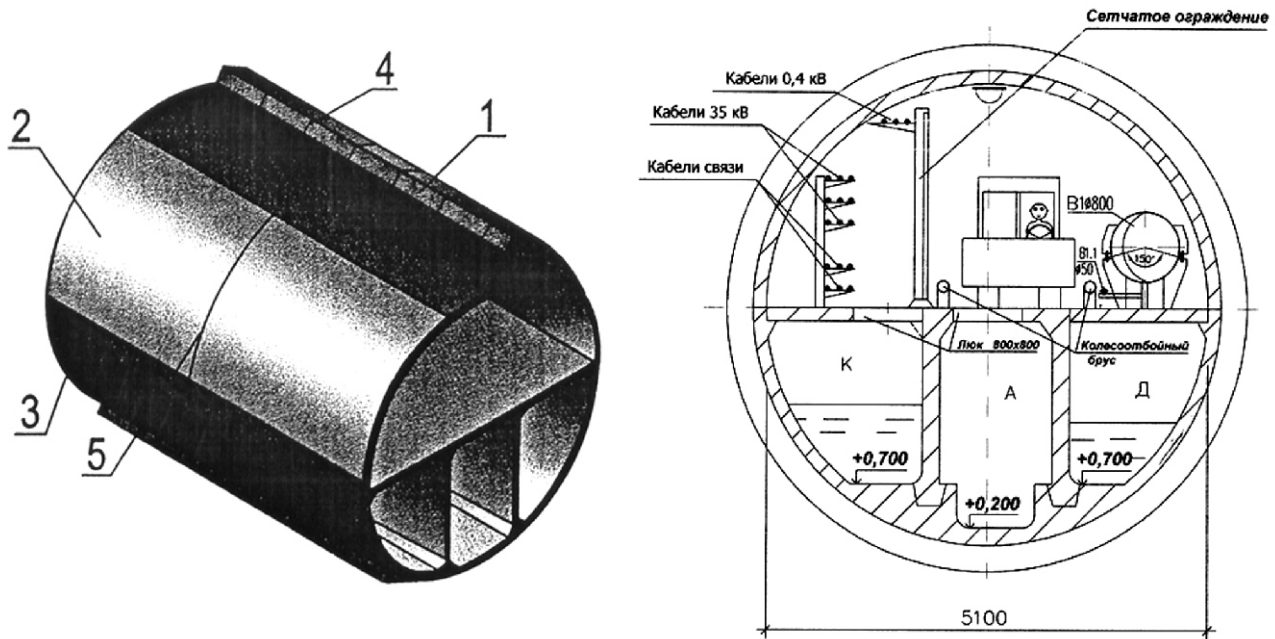


Рис. 1. Конструктивное решение ДКТ:

1, 2 – первичная и вторичная обделка соответственно; 3 – шов скольжения; 4, 5 – антисейсмический деформационный шов по первичной и вторичной обделке соответственно

10–13 м, при котором глубина шельги свода меньше трехкратного размера поперечного сечения обделки; прохождение трассы тоннеля в водонасыщенных грунтах, обладающих низкой сейсмической жесткостью; необходимость учета сейсмичности района строительства, а также проектирования тоннеля, как сооружения I класса, по наборам расчетных записей акселерограмм, моделирующих основные типы сейсмических воздействий.

С учетом указанных особенностей ДКТ запроектирован как гидротехническое сооружение, представляющее собой систему возводимых способом «стена в грунте» камер, соединенных между собой коллекторами щитовой проходки. Первичная обделка тоннеля проектируется сейсмостойкой из сборных железобетонных блоков с перевязкой стыков в блочных колодцах (рис. 1). Блоки выполнены из бетона класса В 35 толщиной 300 мм. Проектное положение обделки при монтаже обеспечивается связями в виде металлических шпилек и пластмассовых дюбелей, которые демонтируются после набора достаточной прочности монтажного раствора. По периметру каждого блока устанавливается технологический гидроизолирующий резиновый уплотнитель, который обжимается в процессе проходки. Для обеспечения сейсмо-

стойкости в продольном направлении вводится специальный сейсмостойкий элемент.

Вторичная обделка из монолитного железобетона проектируется отсекообразующим антисейсмическим элементом сооружения с антисейсмическими деформационными швами между отсеками и совмещает изолирующие и несущие функции. Предусматривается также устройство шва скольжения между первичной и вторичной обделками.

Расчет ДКТ, в т.ч. и на сейсмические нагрузки, выполнен Донецким ПромстройНИИпроектом с помощью программного комплекса «Лира». Основные результаты численных исследований с анализом работы ДКТ приведены в работе [2].

Для решения задачи понижения уровня грунтовых вод в заданной зоне институтом «УкрНИИводоканалпроект» совместно с Институтом геологических наук НАНУ была разработана математическая модель, согласованная с Институтом сейсмологии Министерства строительства Туркменистана и Главгосэкспертизой, на основе которой были определены места расположения лучевых горизонтальных дрен длиной до 500 м. Их бурение предполагалось выполнить внутри камер, которые должны были построить в этих местах. Однако по разным причинам от этой схемы пришлось отказаться.

Для решения задачи был привлечен институт СГСТУ ВИОГЕМ (г. Белгород, РФ), который предложил следующую схему:

- на расстоянии порядка 250 м от оси тоннеля строятся водоприемные колодцы глубиной до 15 м. Общее количество колодцев – 72 шт.;
- из построенных колодцев пробуривается по 5 лучевых дрен длиной по 100 м;
- поступающая в колодцы из дрен вода по водосбросному коллектору самотеком попадает в построенные камеры на тоннеле, места расположения которых были определены на основе математической модели.

Прием дренажных вод лучевого дренажа предусматривается в отсек «Д», расположенный в нижней половине тоннеля. В этой же части тоннеля расположен и отсек «К», по которому транспортируются канализационные стоки (см. рис. 1).

Для возможности проведения профилактических осмотров стен отсеков «К» и «Д» между ними создан отсек «А», который в случае необходимости проведения на каком-либо участке тоннеля ремонтов используется для пропуска по нему либо канализационных стоков, либо дренажных вод. С этой целью каждая из камер оборудована щитовыми затворами, позволяющими выполнить требуемые переключения. При таком решении в случае нештатной ситуации не требуется отключать подачу воды населению.

Сбросные тоннели № 1 и № 2 разделены по диаметру вертикальной стенкой также на два отсека, что позволяет транспортировать канализационные и дренажные стоки отдельно. Так же отдельно они транспортируются и по сбросному коллектору. Каждый отсек сбросных тоннелей рассчитан на пропуск  $5,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ , а отсеки сбросного коллектора на  $10,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ . В камерах на сбросных тоннелях также установлены щитовые затворы, позволяющие при необходимости осуществлять переключения потока из отсека в отсек.

Учитывая опасность воздействия газовой коррозии на железобетонные конструкции тоннеля, помимо их покрытия антикоррозионными составами предусмотрено также устройство постоянно действующей приточно-вытяжной вентиляции на канализационном отсеке и аварийной вентиляции на период пребывания эксплуатационного персонала в аварийном отсеке.

В связи с тем, что тоннель проходит под густонаселенной территорией, предусмотрена установка газоконвекторов, что позволяет исключить выход неприятных запахов на поверхность.

В верхней половине тоннеля внутренним диаметром 5,1 м располагается магистральный водовод диаметром 800 мм, давлением 16 атм, протяженностью 16,5 км.

Кроме водовода в верхней половине тоннеля предусматривается также устройство кабельного отсека, в котором размещаются силовые и слаботочные кабели транзитного назначения. Кабельный отсек отделен от остального пространства продольной сетчатой перегородкой, в которой через каждые 150 м предусмотрены входы в него. Транзитные кабели напряжением 35 кВ приняты одножильными, медными, с изоляцией из сшитого полиэтилена. Общая длина этих кабелей 90 км. Кабели уложены на поддерживающих конструкциях в виде металлических рам шагом 3,0 м. Кроме этого в тоннеле прокладываются и кабели с медными жилами напряжением 0,4 кВ, предназначенные для энергоснабжения установленного оборудования и электроосвещения. Их протяженность – 95 км. Непосредственно в камерах, из-за стесненности, кабели прокладываются под потолком на кабельных конструкциях. Ввод силовых и слаботочных кабелей от внешних источников в камеры осуществляется через кабельные шахты. Общая установленная мощность потребителей составляет 2550 кВт, а потребляемая – 1880 кВт.

Городские транзитные кабели связи общей длиной 33 км прокладываются на 50 см ниже силовых.

Для обслуживания всех перечисленных систем городского хозяйства создается служба эксплуатации в составе 130 чел., которая размещается на 3-х эксплуатационных участках (рис. 2, 3).

Для возможности наблюдения за состоянием канализационного и дренажного отсеков в перекрытии, расположенном по горизонтальному диаметру тоннеля, предусмотрено устройство герметичных люков-лазов с шагом 150 м, позволяющих попасть в каждый из трех отсеков. Через эти же люки могут подаваться и материалы для ремонта. Кроме того, для возможности изучения состояния конструкций внутри канализационного отсека (как наиболее опасного по коррозионности) без спуска в него предусматривается использование телевизионной ус-





Рис. 2. Поперечное сечение эксплуатационного участка

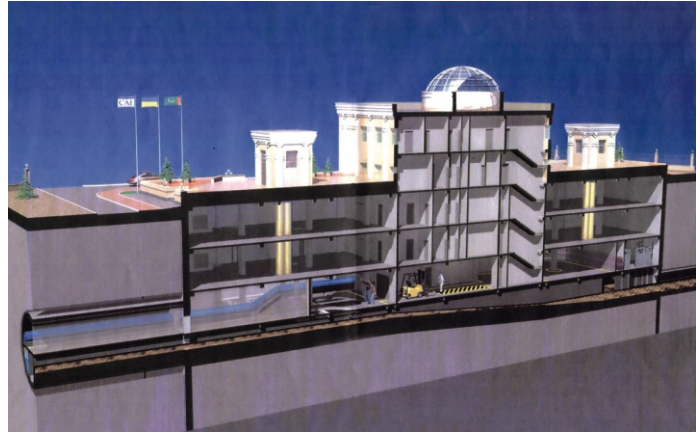


Рис. 3. Продольное сечение эксплуатационного участка

тановки Р-200, дополненной плавающим модулем W-400 с цветной видеокамерой, запускаемым в отсек через те же люки.

Передвижение обходчиков при осмотре систем, расположенных в верхней половине тоннеля, а также перемещение материалов, необходимых в случае возникновения ремонтных работ, предусматривается с помощью платформенного электровоза на щелочных аккумуляторах грузоподъемностью 1 т, к которому может быть подсоединен и одноосный прицеп. Подъем груза в тоннеле, при необходимости, осуществляется при помощи ручного гидравлического передвижного крана грузоподъемностью 1 т. Все грузы в период эксплуатации поступают в тоннель из зданий эксплуатационных участков, в которых установлены грузовые и пассажирские лифты (см. рис. 2, 3).

Верхняя часть тоннеля оборудована системой приточно-вытяжной вентиляции, независимой от системы вентиляции нижней части.

Для возможного проведения ремонтных работ в нижней части тоннеля по всей его длине предусмотрена прокладка в кабельном отсеке силовой сети для подключения понижающих трансформаторов, установленных в ящиках через каждые 150 м рядом с люками-лазами.

Оперативное управление всем этим комплексом предусмотрено с помощью системы административно-хозяйственной, оперативно-диспетчерской, телекоммуникационной связи, технологического контроля и связи обходчиков. Все линии связи выведены на дисплеи в диспетчерских эксплуатационных участках, которые имеют связь с городскими службами. Общая длина кабелей связи оперативного управления

составляет 97 км. Управление всем установленным оборудованием осуществляется как на месте, так и дистанционно с диспетчерского пункта.

В настоящее время пройдена уже большая часть тоннелей, построены земляной канал и сбросной коллектор, ведется внутренняя отделка тоннелей и обустройство их системами водоснабжения и водоотведения. Кроме того, введен в эксплуатацию экспериментальный участок лучевого дренажа, состоящий из 6-ти водоприемных колодцев с лучами-дренами. Сброс откачиваемой воды осуществляется по временной схеме в существующую сеть. Несмотря на небольшой срок эксплуатации (2 года), в этом районе было достигнуто понижение уровня грунтовых вод (ушла вода из подвалов зданий).

Учитывая вышеизложенное, можно сделать **вывод**, что запроектированный и строящийся дренажно-коммуникационный тоннель по своему функциональному назначению и насыщенности коммуникациями является уникальным сооружением, не имеющим аналогов в мире.

- 
- [1] Лившиц М.Н., Оглобля А.И., Петрук В.В. Система водоотведения г. Ашхабада // Сборник докладов международного Конгресса «ЭТЭВК-2007». – К.: НИИКТИ ГХ, 2007. – С. 246-251.
- [2] Розенвассер Г.Р., Петрук В.В., Букань А.П. Концепция защиты дренажно-коммуникационного тоннеля от влияния сейсмических воздействий // Метро и тоннели. – 2003. – № 3. – С. 33-37.

Надійшла 2.11.2007 

УДК 624.072.33

## РАМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

Элементы переменной жесткости в составе стальных рам являются наименее трудоемкими в изготовлении. Переменная жесткость получается за счет изменения всех размеров сечения, при сохранении постоянства в пределах выбранного участка либо за счет плавного изменения одного или нескольких из них. Для таких элементов предложена расчетная схема. Даны предложения по включению в разрабатываемые нормы проектирования стальных конструкций.

**Ключевые слова:** металлические рамы, элементы переменной жесткости, устойчивость.

Современный рынок строительных стальных конструкций характеризуется активным спросом на каркасы легкомонтируемых зданий универсального назначения, несущие конструкции которых поставляются вместе с ограждающими элементами и необходимыми крепежными и отделочными деталями. При этом предпочтение отдается продукции зарубежных фирм, которая отличается не только высоким качеством изготовления, короткими сроками выполнения заказа, дисциплиной выполнения договорных обязательств, но и рациональным конструктивным решением объекта строительства, обеспечивающим эффективное использование материала. В импортных каркасах достаточно редко применяется фасонный прокат, а для снижения материалоемкости конструкций широко используются составные сплошностенчатые элементы или сквозные из тонкостенных гнутых профилей.

Наименее трудоемкими в изготовлении являются сварные сплошностенчатые элементы преимущественно двутаврового сечения. Для повышения эффективности использования материала их сечения изменяют свои размеры по длине в соответствии с огибающей эпюрой внутренних усилий, возникающих в поперечных рамах каркаса от внешних воздействий (рис. 1). Переменная жесткость элементов может быть получена как за счет изменения всех размеров поперечных сечений при сохранении их постоянства в пределах выбранного участка, так и за счет плавного изменения одного или нескольких из них (рис. 2). Каждое такое решение отличается не только расходом материала, но и трудоемкостью изготовления, что приводит к различным стоимостям полученных элементов.

Продемонстрируем преимущества рам с элементами переменной жесткости на примерах оптимального проектирования этих конструкций пролетами  $L = 36$  м и высотой  $H = 8$  м



**В.А. Пермяков**  
заведующий кафедрой металлических и деревянных конструкций Киевского национального университета строительства и архитектуры, д.т.н., профессор

**А.Б. Глитин**  
ассистент кафедры металлических и деревянных конструкций Киевского национального университета строительства и архитектуры



( $H$  – расстояние от верха фундамента до оси карнизного узла) (рис. 3). Поиск оптимальных параметров этих рам базируется на решении обобщенной задачи оптимального проектирования [1]. В качестве варьируемых переменных рассматриваются размеры поперечных сечений колонны и полуригеля, а также угол наклона оси полуригеля к горизонту. Система ограничений, описывающая область допустимых решений задачи, включает требования обеспечения несущей способности элементов рамы (условия прочности и устойчивости внецентренно-сжатых элементов в плоскости и из плоскости рамы), местной устойчивости стенок и полок двутавровых сечений, жесткости стержней и перемещений узлов в пределах нормативных значений. Все эти требования регламентированы нормами проектирования [2] и являются обязательными для исполнения. Кроме того, для обеспечения плавности изменения высоты стенок или ширины полок двутавровых сечений учитываются ограничения, связанные с подчинением этих изменений линейным законам.

Учитывая, что трудоемкость подготовительных работ и резки металла практически не зависит от формы и размеров двутавровых сече-

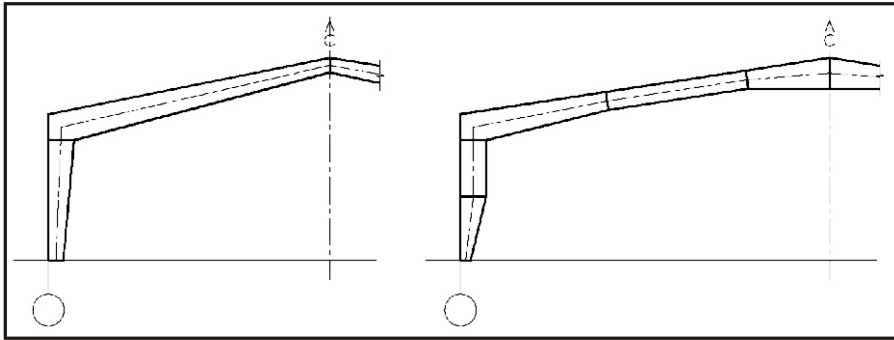


Рис. 1. Поперечные рамы стальных каркасов с элементами переменной жесткости

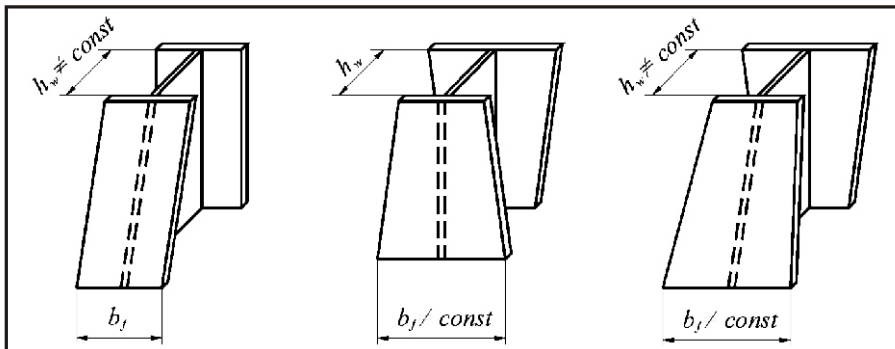


Рис. 2. Варианты изменения сечений по длине составных двутавровых стержней

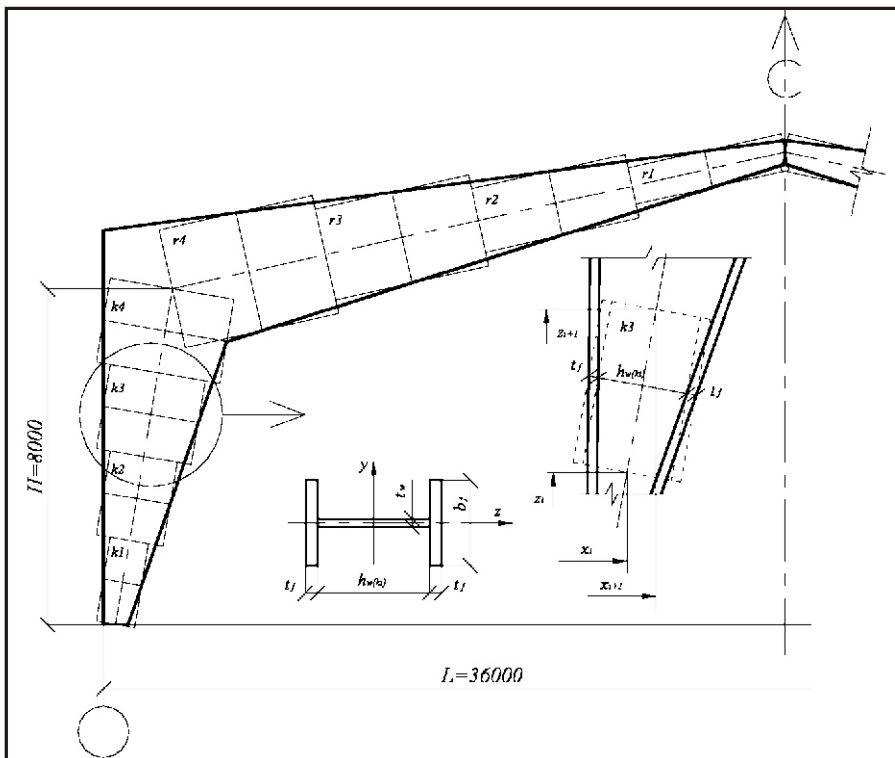


Рис. 3. К расчету рамы

за целевую функцию, значение которой минимизировалось в процессе оптимизации.

При выборе расчетной схемы рамы каждый ее элемент представляется собственной осью с разбиением по длине на отдельные дискретные части, в пределах которых размеры двутавровых сечений принимаются постоянными [3]. Замена элементов с переменными по длине сечениями на элементы со ступенчато-постоянными сечениями позволяет использовать для статического расчета рамы метод конечных элементов. Многопараметрическая задача оптимизации решается методом проекции градиента с компенсацией невязки на границе допустимой области.

Рассмотрим шесть задач, отличающихся между собой количеством неизвестных параметров поперечных сечений, меняющихся по длине рамы. Во всех задачах колонны и полуригели расчленены на четыре дискретные части длиной соответственно 2000 и 4500 мм. В первой задаче сечения элементов рамы приняты с постоянными размерами, что ограничило количество неизвестных задачи до девяти (угол наклона оси полуригеля, размеры двутавров  $h_w$ ,  $t_w$  и  $b_f$ ,  $t_f$  для каждого элемента рамы). Вторая задача отличается тем, что допускалось изменение только значений ширины полок  $b_f$ . Это увеличило количество неизвестных до 15. Третья задача имеет 15 неизвестных – в ней допускалось изменение только значений высот стенок двутавровых

сечений, а трудозатраты на их изготовление отличаются только при выполнении сборно-сварочных работ, можно ограничиться сравнением результатов проектирования по массе конструкции. Именно выражение массы рамы было принято

сечений с определением их для четырех сечений по середине дискретных частей ( $h_{w,ki}$  или  $h_{w,pi}$ ), на которые расчленены колонна и полуригель. Четвертая и пятая задачи имеют по 21 неизвестному. Одновременно в них изменяющимися от

**Оптимальные параметры рамы 36 × 8 м  
при различном количестве переменных проектирования**

Характеристики проекта			Задачи					
			1	2	3	4	5	6
Колонна	$h_{w,ki} \ t_{w,ki}$ , см	k1	84,63 0,96	75,45 0,86	44,18 1,19	80,71 0,92	52,32 1,17	52,73 0,60
		k2			64,30 1,19		69,04 1,17	71,35 0,81
		k3			84,42 1,19		85,76 1,17	89,97 1,02
		k4			104,54 1,19		102,48 1,17	108,59 1,24
	$b_{f,ki} \ t_{f,ki}$ , см	k1	37,80 0,83	21,83 1,00	32,19 0,70	25,60 0,60	23,21 0,73	28,70 0,63
		k2		29,69 1,00		25,60 0,62	26,66 0,73	29,00 0,80
		k3		37,54 1,00		25,60 1,13	30,12 0,73	29,30 0,77
		k4		45,39 1,00		25,60 1,68	33,58 0,73	29,60 0,64
Полуригель	$h_{w,pi} \ t_{w,pi}$ , см	r1	86,59 0,99	78,27 0,89	47,69 1,22	81,48 0,93	56,66 1,05	53,75 0,61
		r2			67,40 1,22		68,66 1,05	71,25 0,81
		r3			87,11 1,22		80,66 1,05	88,75 1,01
		r4			106,82 1,22		92,66 1,05	106,25 1,21
	$b_{f,pi} \ t_{f,pi}$ , см	r1	36,69 0,80	22,39 0,97	29,37 0,63	25,73 0,60	22,49 0,81	21,03 0,60
		r2		29,56 0,97		25,73 0,60	27,39 0,81	24,13 0,72
		r3		36,73 0,97		25,73 1,14	32,29 0,81	27,24 0,71
		r4		43,90 0,97		25,73 1,69	37,19 0,81	30,34 0,66
Угол , град			20° 33'	14° 14'	11° 30'	13° 18'	11° 47'	10° 29'
Количество переменных			9	15	15	21	21	33
Оптимальная масса			6160	5557	5391	5280	5273	4679
%			100	90,21	87,52	85,71	85,60	75,96

одного конечного элемента к другому считаются толщины стенок и полок  $t_{w,ki}$  ( $t_{w,pi}$ ) и  $t_{f,ki}$  ( $t_{f,pi}$ ) (задача № 4), высоты стенок  $h_{w,ki}$  ( $h_{w,pi}$ ) и ширины полок  $b_{f,ki}$  ( $b_{f,pi}$ ) (задача № 5). В шестой задаче изменяющимися в каждом конечном элементе приняты все размеры составных сечений, что увеличило число неизвестных до 33.

Результаты решения описанных задач приведены в таблице. Размеры листов ( $h_{w,i} \ t_{w,i}$ ,  $b_{f,i} \ t_{f,i}$ ), составляющих двутавровые сечения, указаны по середине каждого конечного элемента без учета сортаментных требований. Изменение массы конструкции на 9–24 % только за счет перехода от постоянных по длине элемента се-

чений к изменяющимся отчетливо свидетельствует об экономической целесообразности более широкого использования таких конструктивных элементов в практике строительства тем более, что заводы металлических конструкций оснащены сегодня автоматизированными линиями, на которых вполне возможно наладить изготовление двутавров с переменными размерами. Разумеется, что результаты задач 4 и 6 реализовать на практике сложно, но и за счет изменения высоты стенок  $h_w$  и (или) ширины полка  $b_f$  можно достичь экономии материалов на 9–14 %.

Следует отметить, что даже при наличии технологических возможностей изготовления элементов переменной жесткости их применение в отечественных проектах ограничивается из-за отсутствия указаний по расчету и конструированию в нормах проектирования.

Учитывая высокую эффективность таких элементов, требования к ним и методику расчета на устойчивость следует включить в разрабатываемые в настоящее время государственные строительные нормы по проектированию стальных конструкций тем более, что проведенные научные исследования этой проблемы [3 – 6] позволяют использовать их результаты.

#### Выводы.

- Одним из путей снижения металлоемкости стальных конструкций является применение сплошностенчатых элементов рам переменной жесткости. Изменение жесткости по длине возможно путем плавного изменения одного или нескольких размеров сечения (поясов или стенки), а также за счет изменения всех размеров сечения при сохранении постоянства в пределах выбранного участка.
- При выборе расчетной схемы каждый элемент представляется собственной осью с разбиением по длине на отдельные дискретные части, в пределах которых размеры двутавровых сечений постоянны. Это позволяет применять МКЭ для расчетов таких конструкций.
- Применение конструкций переменной жесткости затруднено, так как в отечественных нормах нет указаний по их расчету и конструированию. Разработанную методику расчета на устойчивость рам с элементами переменной жесткости рекомендуется включить в государственные строительные нормы.

[1] *Пермяков В.О., Глітін О.Б.* Оптимальне проектування поперечних рам каркасів з елементами змінної жорсткості//Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее: Сб. докл. VIII Укр. научно-техн. конф. – К.: Изд-во «Сталь», 2004. – Часть 1. – С. 261-267.

[2] СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.

[3] *Билык С. И.* Коэффициенты расчетной длины элементов переменного сечения одноэтажных рам// Совершенствование сварных металлических конструкций/Под ред. Жербина М.М. – К.: Наукова думка, 1992. – С. 59-62.

[4] *Муллагулов М.Х.* Практический метод расчета многопролетных стержней постоянного и ступенчато-переменного сечения на устойчивость//Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1981. – № 8. – С. 43-48.

[5] *Снитко Н.К.* Устойчивость стержней переменного сечения//Строительная механика и расчет сооружений. – 1968. – № 1. – С. 34-35.

[6] *Металлические конструкции в 3 т./Т. 2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. вузов/Под ред. В.В. Горева.* – М.: Высшая школа, 2004. – 528 с.

Надійшла 01.10.2007 

## ПЕРМЯКОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

12 жовтня 2007 р. пішов із життя видатний учений, науковець, педагог, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук, професор і неординарна людина ПЕРМЯКОВ Володимир Олександрович.

Народився Пермяков В.О. 17 листопада 1938 р. у м. Одесі. Після закінчення Одеського інженерно-будівельного інституту працював у проектних організаціях м. Одеси. З 1967 р. його життя назавжди пов'язане з Київським інженерно-будівельним інститутом: Володимир Олександрович працював інженером, молодшим і старшим науковим співробітником науково-дослідного сектору, старшим викладачем, доцентом. У 1994 р. йому було присвоєно звання професора. У 1970 р. Пермяков В.О. захистив кандидатську дисертацію «Визначення оптимальних параметрів попередньо-напружених консольних вантових систем», а в 1993 р. – докторську дисертацію «Удосконалення сталевих стержневих конструкцій на базі вирішення узагальненої задачі нелінійного математичного програмування».

З 1988 р. і до кінця свого життя Пермяков В.О. обіймав посаду завідувача кафедри металевих і дерев'яних конструкцій КНУБА. Він прийняв кафедру у буремні роки перебудови і зумів не тільки втримати її на належному навчально-методичному, кадровому та науковому рівні, а й зміцнити внутрішньодержавні та міжнародні зв'язки кафедри.

Він був ініціатором створення і беззмінним президентом Асоціації кафедр металевих конструкцій вищих навчальних закладів країн СНД, працював інспектором Управління науково-дослідних робіт МВССО УРСР, протягом 1972–1974 рр. займався викладацькою роботою в Афганістані, а у період 1980–1982 рр. – у Алжирі.

У 2002 р. як співавтор роботи «Розробка наукових основ, освоєння виробництва та впровадження конкурентоспроможних експлуатаційно надійних конструкцій електромереж» Володимир Олександрович став лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки 2002 року.

Його активна, наполеглива та самовіддана праця була відзначена урядовими нагородами та відзнаками: медалями «В пам'ять 1500-летия Києва» (1985), «За трудовую доблесть» (1986), «Ветеран труда» (1987), знаками «За отличные успехи в работе» Держкомосвіти СРСР (1989), «Відмінник освіти України» (1998), Подякою Київського міського голови (2003), премією Академії будівництва України ім. М.С. Буднікова (2000), відзнакою «За наукові досягнення» (2005), «Золота медаль І. Франка» (2005) тощо.

Володимир Олександрович досконало володів ефективними формами та методами організації навчально-методичного процесу, втілював основні вимоги державної політики щодо підготовки висококваліфікованих спеціалістів будівельної галузі. На високому теоретичному і методичному рівні читав лекції з металевих конструкцій на будівельному факультеті, проводив практичні заняття, керував курсовим та дипломним проектуванням.



Колектив кафедри, її структурні підрозділи мали у особі Володимира Олександровича надійного провідника і наставника, взірцевого викладача, чуйного і доброго порадики.

Пермяков В.О. підготував 2 докторів та 13 кандидатів технічних наук. Він є автором та співавтором понад 50 методичних праць, посібників, підручників та монографій, серед яких «Оптимальное проектирование металлических конструкций» (1991), «Сварные строительные конструкции» в 3-х томах (1993, 1997, 2003), «Проектирование рациональных комбинированных металлических конструкций» (2005).

Його інтереси були широкими і багатогранними. Він писав вірші, співав, був душою команди КВК співробітників будівельного факультету. Він дуже любив людей і люди любили його.

Пермяков В.О. вів активну педагогічну, наукову та організаційну роботу. Організував на кафедрі студентське конструкторське бюро, був членом вченої ради університету та будівельного факультету, членом двох спеціалізованих рад із захисту докторських дисертацій, науково-технічної ради ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», членом редколегії 5-ти науково-технічних збірників та журналів. З 1999 до 2005 рр. був членом експертної ради ВАК України.

Він любив працювати з молоддю. Зокрема, під його керівництвом команда аспірантів і студентів кафедри металевих і дерев'яних конструкцій у 2004 р. здобула премію конкурсу «Інтелект молодіж – на службу столиці».

Більше 10 років Пермяков В.О. був науковим керівником випробувального центру будівельних конструкцій і керівником наукових розробок проблемної науково-дослідної лабораторії особливо легких сталевих конструкцій. Основним напрямом його наукової діяльності було оптимальне проектування сталевих стержневих конструкцій.

Пермяков В.О. вперше запропонував вирішення узагальненої задачі оптимального проектування на основі використання методів нелінійного математичного програмування. В рамках даної задачі вирішував питання пошуку оптимальних геометричних і фізичних параметрів, а також оптимальної топології стержневих конструкцій. Його науковий пошук знайшов широке прикладне використання у таких сферах, як удосконалення конструктивних форм плоских і просторових конструкцій; проектування морських стаціонарних платформ, що збудовані в Азово-Чорноморському регіоні, сталевих опор ліній електропередачі; реконструкція і підсилення будівель і споруд тощо.

Результати його наукової роботи висвітлені у понад 200 вітчизняних та закордонних публікаціях. Пермяков В.О. вніс неоціненний вклад у розвиток оптимального проектування металевих конструкцій.

Досягнення обріїв, які визначив Володимир Олександрович, продовження його справи є актуальною задачею кафедри на багато років вперед. Це буде найменшою даниною вшанування його світлої пам'яті.

*Колектив кафедри металевих та дерев'яних конструкцій КНУБА, редколегія журналу*

## МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ З ПРОБЛЕМ РЕЗЕРВУАРОБУДУВАННЯ



м. Самара (Росія) 12-17 серпня 2007 року відбулась чергова Міжнародна науково-практична конференція Робочої групи N 1 «Резервуари та силоси» Міжнародної асоціації з оболонки і просторових конструкцій (IASS) на тему: «Нові рішення конструкцій, технології будівництва та ремонту сталевих резервуарів».

Проведення конференції було організовано ЗАТ «Нафтогазмаш», GlobalTanksEngineering Ltd., Російським НТО будівельників, комітетом «Резервуаробудування» і ЗАТ «ЦНДІПСК ім. М.П. Мельникова» (Росія), ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» і ЗАТ «Трест «Криворіжстальконструкція» (Україна), ЗАТ «Казгіпронафто-транс» (Казахстан), KZU HOLDING GROUP (Болгарія) і Гданською політехнікою (Польща).

У конференції взяли участь 70 фахівців із Росії, України, Болгарії, Польщі, Білорусії, Казахстану та Ізраїлю. На засіданнях було розглянуто 42 доповіді із актуальних проблем проектування, будівництва, ремонту конструкцій резервуарів, у тому числі:

- Нові методики проектування сталевих резервуарів. Шляхи розвитку і гармонізації національних стандартів: порівняльний аналіз нормативних вимог API 650, EN 14015, національних стандартів Росії, України і Казахстану; міцність і стійкість несучих конструкцій; сейсмостійкість резервуарів; дослідження роботи врізок; навантаження і впливи; принципи проектування вибухозахисних резервуарів; аналіз роботи анкерних пристроїв.
- Локалізація наслідків аварій, що супроводжуються розливами продукту, аналіз захисних заходів і вдосконалення методів розрахунку: резервуари із сталевією захисною стінкою типу «стакан у стакані» (розрахунок гідродинамічних навантажень у процесі руйнування основного резервуара, несуча здатність захисної стінки, робота врізок у процесі експлуатації, особливості експлуатації в районах зі значними сніговими навантаженнями); земляні, залізобетонні і металеві обвалування (аналіз ефективності); захист резервуарів від дії цунамі.
- Підвищення ефективності та надійності технологічного устаткування: дихальні і аварійні клапани; пристрої відбору проб; приймально-роздавальні пристрої; міксери та інші пристрої переміщення продукту; контрольно-вимірювальні прилади; пристрої пожежогасіння.
- Антикорозійний захист і теплоізоляція резервуарів: нові рішення; сучасні матеріали і технології.
- Алюмінієві понтони і купольні дахи: нові конструктивні рішення; досвід проектування; проблеми виготовлення, монтажу і експлуатації.
- Нові напрями технічного діагностування і ремонту резервуарів.

Перед початком засідань учасників конференції привітали голова Наукового комітету Поповський Б.В. і співголова Дідковський О.В. Конференція проходила у конструктивній атмосфері як під час пленарних засідань, так і під час перерв у кулуарах.

Робота конференції розпочалася з розгляду питань щодо створення і розвитку методу рулонування сталевих резервуарів, які висвітлив Поповський Б.В. Він вказав на чинники, які обумовили необхідність розробки такої індустріальної технології, виклав етапи розвитку та досвід проектування рулонних резервуарів на теренах Радянського Союзу та в інших країнах (рис. 1). Про польський досвід розвитку та застосування цього методу монтажу починаючи з 1957 р. доповів Е. Зюлка.

Багато уваги було приділено питанню проектування плаваючих та купольних покрівель резервуарів, понтонів зі сталевих та алюмінієвих конструкцій (доповіді М. Белоева і Св. Русева – KZU HOLDING GROUP, Болгарія; М.В. Матвеева – Міаський машинобудівний завод; М.Г. Каравайченка та А.В. Васильєва – ЗАТ «Нафтомонтаждіагностика» і Д.А. Бетковського – ТОВ «Інтерфлоут»).



**В.Л. Пасечнюк**  
головний інженер ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»



**О.Б. Пластоєць**  
інженер I категорії ВАТ  
«УкрНДІпроектстальконструкція  
ім. В.М. Шимановського»



Учасників конференції вітають  
голова Наукового комітету  
Поповський Б.В. (зліва)  
та співголова – Дідковський О.В. (справа)



Ряд цікавих і змістовних доповідей було представлено GlobalTanksEngineering Ltd., зокрема О.В. Дідковським і Е.Я. Єленицьким були розглянуті питання проектування та застосування принципово нового рішення алюмінієвих понтонів контактного типу (рис. 2).

Також запропоновані нові конструкції комбінованих сталю-алюмінієвих куполів резервуарів, яким властива висока ефективність, у повністю сталевому та комбінованому сталю-алюмінієвому варіантах за показниками маси і технологічності. Ще одна доповідь цих же авторів була присвячена питанню сейсмостійкості вертикальних резервуарів, забезпеченню несучої здатності приймально-роздавального вузла та проектуванню підвісного днища резервуара (рис. 3).

У доповіді щодо забезпечення живучості резервуарів, які споруджуються в районах із можливим виникненням водних потоків, була запропонована методика їх розрахунку і різні способи захисту від зсуву резервуара водним потоком. Встановлено, що ефективним є встановлення анкерних пристроїв чи заповнення резервуара продуктом до певного рівня (рис. 4).



Рис. 1. Розгортка рулону днища резервуара  
об'ємом 75000 м<sup>3</sup>

Також учасники конференції заслухали доповіді про розрахунок вузла з'єднання стінки з днищем резервуара, про уточнений розрахунок міцності стінки резервуара, а також провели порівняльний аналіз світових стандартів із сейсмостійкості.

Особливо актуальною була доповідь про розрахунок захисної стінки вертикального циліндричного резервуара у разі аварії (рис. 5). У доповіді зазначено, що застосування захисної стінки є найбільш ефективним способом захисту докільця в аварійних ситуаціях і наведено методику розрахунку двостінного резервуара на розрахункові навантаження у випадку розриву його основного об'єму. Також представлені результати аналізу напружено-деформованого стану резервуара, які були отримані за допомогою чисельного моделювання у програмних модулях ANSYS Mechanical і ANSYS CFX.

У доповіді Ю.Е. Сеницького (GlobalTanksEngineering Ltd.) «Визначення гідродинамічних навантажень на сталеві циліндричні резервуари при сейсмічних впливах» розглянуто декілька задач, а саме: визначення гідродинамічного тиску (імпульсивної і конвективної складової) на стінки циліндричного резервуара і динамічної реакції взаємодії плаваючої покрівлі з рідиною.

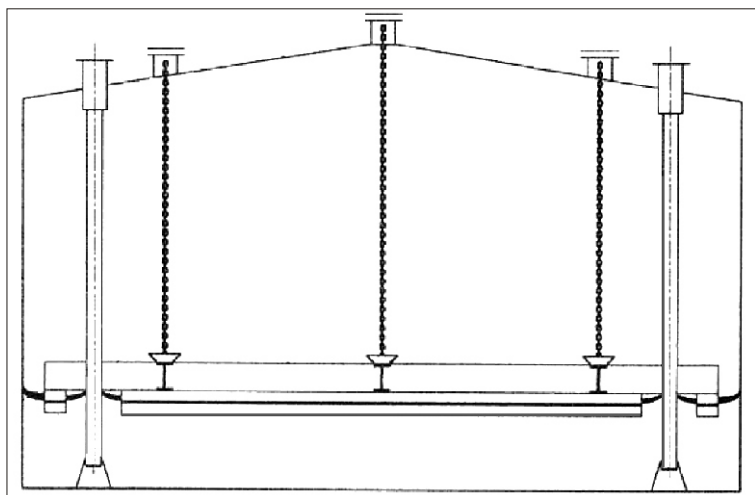


Рис. 2. Загальний вигляд резервуара з підвісним понтоном



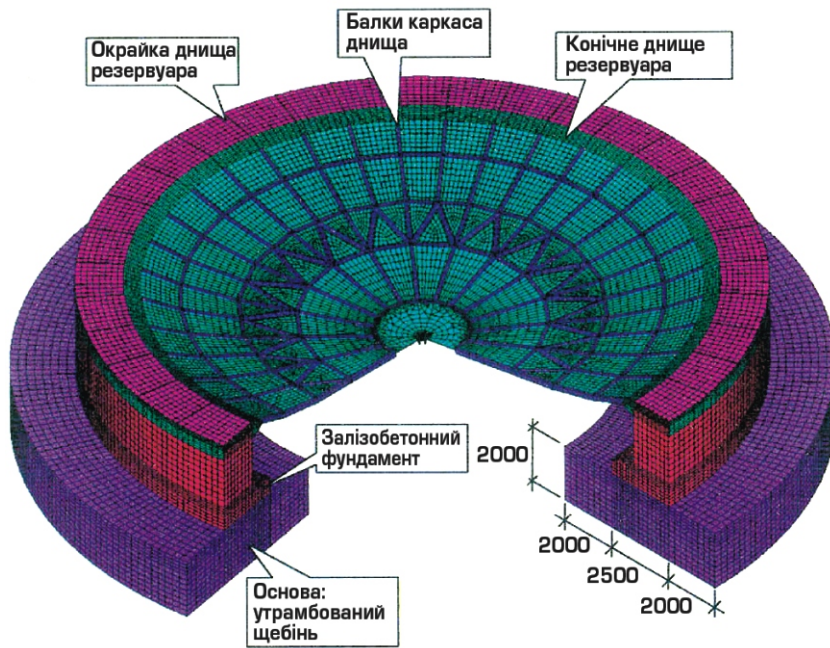


Рис. 3. Загальний вигляд скінченно-елементної моделі конічного днища, фундаменту і основи резервуара

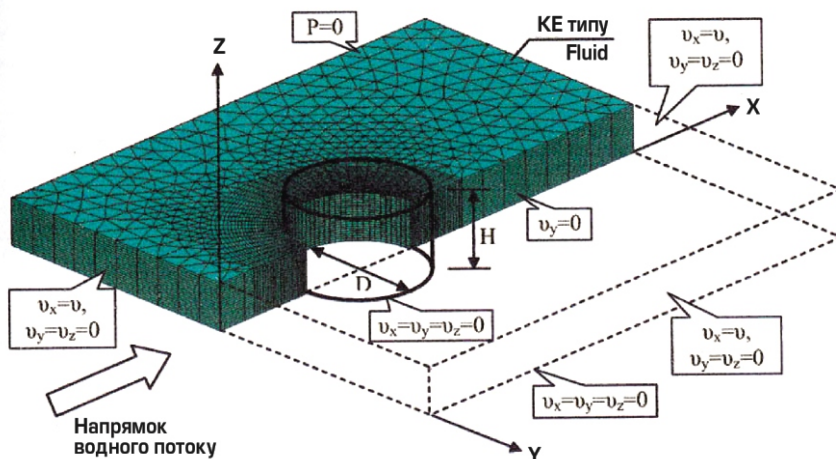


Рис. 4. Загальний вигляд скінченно-елементної моделі обтікання резервуара водним потоком

Останнім часом в Україні зростає кількість замовлень на проектування резервуарів малої місткості для зберігання різних продуктів. У доповіді О.Б. Пластоєць (ВАТ «УкрНДІпроект-стальконструкція ім. В.М. Шимановського») «Особливості розрахунку і конструювання вертикальних циліндричних резервуарів із гофрованими перегородками» запропоноване конструктивне рішення і наведені результати аналізу чисельного розрахунку резервуарів з вертикальними перегородками по всій висоті, призначених для зберігання декількох видів мастил (рис. 6). Всі елементи резервуара виконані з металу, причому його внутрішня і зовнішня стінки постійної товщини – з листів. Досліджувався напружено-деформований стан резервуара при дії власної ваги та гідростатичного тиску в одній і двох секціях, а також при зміні кута розбиття на секції. Проведені розрахунки свідчать, що напруження, які виникають в елементах резервуара з гофрованими перегородками, задовольняють умовам міцності, а мінімальна величина робочої секції дорівнює  $12^\circ$ .

У доповіді В.Ф. Муцанова (Донбаська національна академія будівництва і архітектури) «Оптимальне проектування мембранних покриттів вертикальних циліндричних резервуарів» була висвітлена нова методика оптимізації параметрів шатрових мембранних покриттів резервуарів, заснована на принципах нелі-

нійного математичного програмування. Також визначені оптимальні параметри покриттів для резервуарів великого об'єму в умовах України.

У доповіді Е.А. Єгорова та Б.Г. Ісмагулова (Придніпровська державна академія будівництва і архітектури) «Розрахункові оцінки стійкості сталевих резервуарів на стадії проектування і експлуатації» розглядалась проблема стійкості циліндричної стінки при зовнішньому впливі та при дії вітрового навантаження.

Новий єдиний стандарт на проектування, виготовлення, монтаж і випробування резервуара, що забезпечує високу якість і безпеку в процесі експлуатації, був розглянутий у доповіді Б.Ф. Беляєва (ЗАТ «ЦНДІПСК ім. М.П. Мельникова») «Сучасна система стандартизації Росії. Національний стандарт щодо вертикальних резервуарів для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови».

Доповідь Ф.Є. Дорошенка (Атестаційний центр зварювальних технологій) «Проблеми забезпечення геометричної точності корпусів резервуарів» присвячена впливу даного параметра на надійність і довговічність резервуарів і причинам виникнення різновидів геометричних відхилень.

Зокрема вказується, що застосування технології монтажно-зварювальних робіт дозволяє отримати високу геометричну точність резервуарів, як при листовій, так і при рулонній технології монтажу резервуарів, а також при їхньому капітальному ремонті.

Також учасники конференції заслухали доповідь О.М. Волкова «Пожежно-технічні питання проектування резервуарів для нафти та нафтопродуктів» (Російське НТО будівельників) щодо методів ліквідації пожеж із використанням піни низької кратності, а також сучасних технологій пожежегасіння і робіт зі створення комплексної системи пожежної безпеки видобувальних об'єктів, транспортування та зберігання нафти і газу, а саме:

- заходи із забезпечення пожежної безпеки видобувальних об'єктів, транспортування, зберігання і переробки нафти і газу;

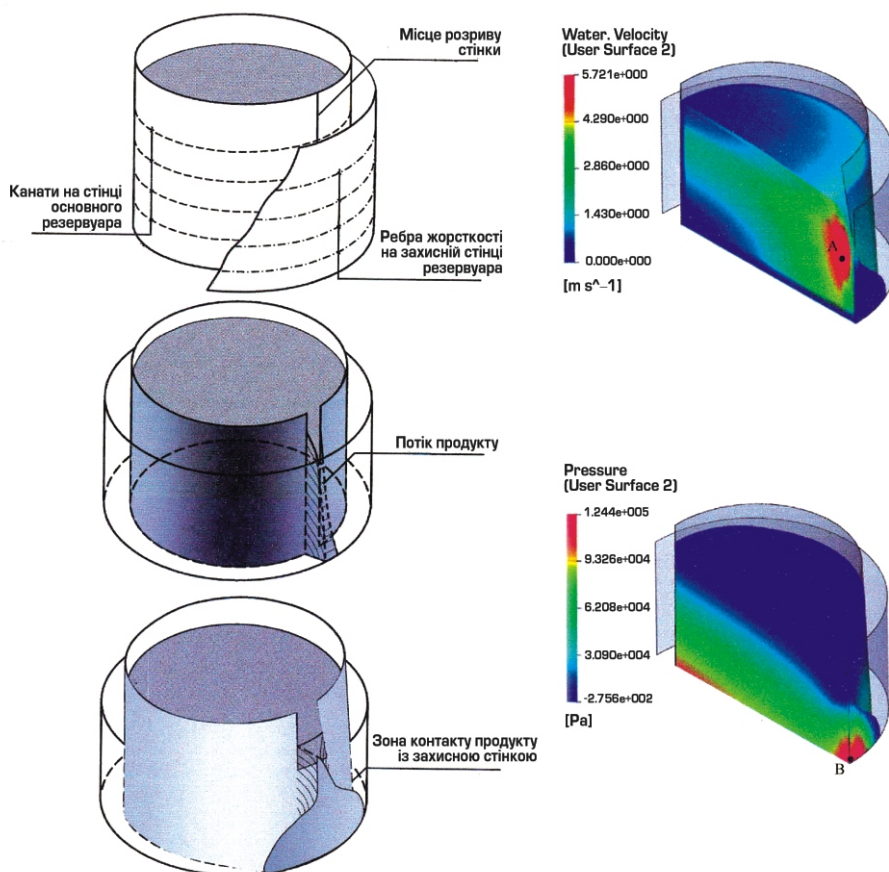


Рис. 5. Процес розвитку аварії при розриві захисної стінки (момент утворення тріщини, вплив продукту на захисну стінку та розподіл швидкості і тиску в продукті при витіканні з робочого об'єму)

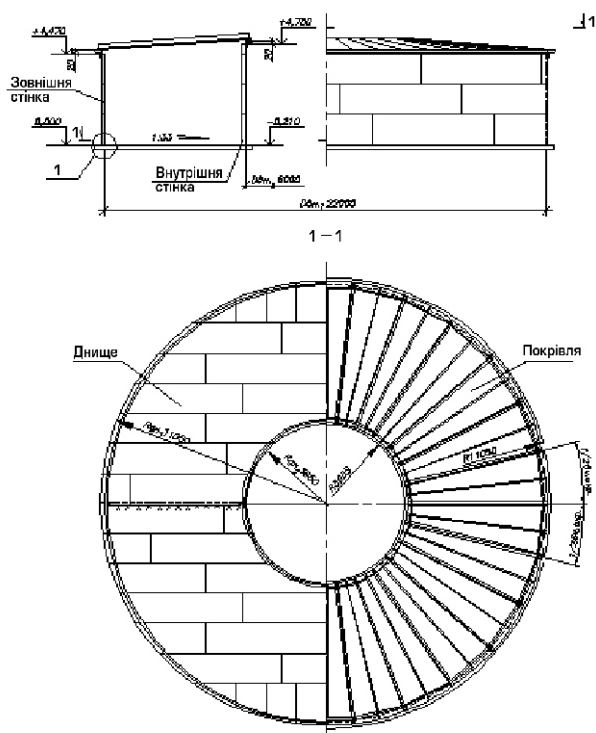


Рис. 6. Загальний вигляд та скінченно-елементна модель резервуара з гофрованими перегородками



Рис. 7. Вогневі випробування гасіння пожежі на резервуарі PBC-5000



Рис. 8. Проведення антикорозійних робіт у несприятливих кліматичних умовах

- науково-технічне консультування з питань пожежної безпеки;
- проведення експертизи організаційних і технічних рішень із забезпечення пожежної безпеки;
- виробництво, постачання пожежної техніки і вогнегасних засобів;
- монтаж, налагодження, ремонт і технічне обслуговування устаткування і систем протипожежного захисту;
- проведення випробувань пожежної техніки і вогнегасних засобів;
- розроблення норм і правил із забезпечення пожежної безпеки видобувальних об'єктів, транспортування, зберігання і переробки нафти і газу.

У доповіді В.В. Наумова (ТОВ «СервісСнабГаз») «Сучасні технології гасіння пожеж» запропоновані деякі методи удосконалення пожежного обладнання та вогнегасних засобів. ТОВ «СервісСнабГаз» був продемонстрований фільм про гасіння пожежі в резервуарі PBC-5000 стабільного газового конденсату піною низької кратності, що подавалась у шар горючої рідини (рис. 7).

На конференції розглядалися також сучасні системи антикорозійного захисту резервуарів та виконання антикорозійних робіт у несприятливих кліматичних умовах.

Цій темі були присвячені доповіді В.М. Мезенова «Сучасні системи антикорозійного захисту резервуарів для нафти і нафтопродуктів однокомпонентними поліуретановими матеріалами фірми «STEELPAINT» (Німеччина)», А.А. Кузнецова «Виконання антикорозійних робіт у несприятливих кліматичних умовах» (ВІСО) (рис. 8), С.О. Полякова «Комплексна система захисту від корозії лакофарбовими матеріалами резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів» (ТОВ «НПП «ЕКОР-Нева»), С.Г. Дітятева «Сучасні покриття для захисту від корозії резервуарів і трубопроводів для зберігання нафти і нафтопродуктів» (Компанія «ЙОТУН Пейнтс»).

Учасники конференції відмітили ефективність обміну інформацією і детального обговорення питань резервуаробудування та висловили думку про необхідність продовження контактів між фахівцями для прискорення обміну інформацією, обговорення точок зору з актуальних питань.

Надійшла 02.10.2007 р.

Роз'яснюються такі поняття, як інтелектуальна власність, права авторів проєктів у галузі проєктування й інженерії та способи захисту цих прав.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОРСЬКОГО ПРАВА У ДІЯЛЬНОСТІ ПРОЄКТНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Останнім часом в Україні поширилась тенденція до «піратства» щодо інтелектуальної власності. Це стосується будь-яких об'єктів, які підпадають під сферу впливу Закону України «Про авторське право та суміжні права». Детальний перелік об'єктів авторського права наводиться в ст. 8 вказаного Закону та в ст. 420 Цивільного кодексу України.

Не минула ця тенденція і галузь проєктування та інженерії. Для того, щоб розробити якийсь проєкт, наприклад, металокопункції будь-якої складності, необхідно мати неабиякі знання, вміння та достатній рівень кваліфікації, а також всі дозвільні документи на здійснення даного роду діяльності на території України (ліцензії, патенти, дозволи тощо). Розробники прикладають чималих зусиль для того, щоб проєкт був якомога надійнішим та якісним, а також відповідав усім вимогам законодавства, будівельних норм і стандартів України.

Але багато фахівців чи навіть організацій, які працюють у галузі проєктування та інженерії, вважають за можливе, не докладати жодних зусиль, просто взяти готовий проєкт та скопіювати його. Такі дії є прямим порушенням як майнових, так і немайнових авторських прав розробника первинного проєкту.

Інженерам-розробникам варто знати, що навіть коли вони ніяким чином не зареєстрували своє «творіння» – вони все одно є його авторами, оскільки згідно зі ст. 11 зазначеного Закону авторське право на твір виникає внаслідок факту його створення і автору чи його представникам не обов'язково здійснювати реєстрацію твору чи виконувати будь-які інші формальності.

Існує кілька основних аспектів щодо захисту авторських прав, які полягають у наступному.

### Власність та авторське право на розроблені проєкти

Згідно з чинним законодавством України право інтелектуальної власності – це право особи на результат її інтелектуальної та творчої діяльності. Інтелектуальна власність поділяється на особисті немайнові та майнові права суб'єкта авторського права.

**Особисті немайнові права** характерні тим, що вони не можуть бути передані (відчужені) іншим особам. Це право, яке належить його творцю як фізичній особі згідно із ст. 14 Закону.

До особистих немайнових прав автора законодавець відносить такі:

- визнання людини творцем (автором, виконавцем, винахідником тощо) об'єкта права інтелектуальної власності шляхом зазначення належним чином імені автора на творі та його примірниках і за умов будь-якого публічного використання твору, якщо це практично можливо;
- заборона під час публічного використання твору згадувати ім'я автора, якщо він бажає залишитись анонімом;
- перешкоджання будь-якому посяганню на право інтелектуальної власності, якщо це торкається честі чи репутації творця об'єкта права інтелектуальної власності;
- збереження цілісності твору і протидія будь-якому перекрученню, спотворенню чи іншій зміні твору або будь-якому іншому посяганню на твір, що може зашкодити честі і репутації автора;
- інші особисті немайнові права інтелектуальної власності, встановлені Законом.

На відміну від особистих немайнових прав, **майнове право** може бути відчужуваним та передаватись іншим особам. Згідно зі ст. 15 Закону власником майнових авторських прав може бути як фізична, так і юридична особа.

До майнових прав суб'єктів авторського права відносяться такі:

- виключне право на використання твору;
- виключне право на дозвіл або заборону використання твору іншими особами (відтворення твору, його публічна демонстрація чи показ, оприлюднення твору, здійснення його перекладу, переробка чи внесення інших змін у твір, включення твору як складової частини до збірників тощо).

Суб'єкт авторського права на твір має право вимагати виплати винагороди за будь-яке використання його твору. Розмір і порядок виплати авторської винагороди за створення і використання твору встановлюються в авторському договорі та інших договорах, що регулюють порядок використання об'єкта авторського права.



### **І.Я. Гречка**

заступник голови правління ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» з адміністративно-правових питань, державний радник юстиції 3 класу



У галузі проектування та інженерії найпоширенішим є створення службових творів. Службовим є твір, створений автором у порядку виконання службових обов'язків. Авторське особисте немайнове право на службовий твір належить його автору, тобто виконавцю (працівнику) особисто. У разі, якщо службовий твір виконувався групою виконавців, то ці особи вважаються співавторами і авторське право належить усім співавторам.

Щодо майнового авторського права на службовий твір, то згідно зі ст. 16 Закону виключне майнове право на службовий твір належить роботодавцю, якщо інше не передбачено трудовим договором (контрактом) та (або) цивільно-правовим договором між автором і роботодавцем.

### Захист авторського права

Норми чинного законодавства України спрямовані на всебічний захист громадян, у т.ч. щодо захисту їхніх авторських прав. На жаль, наше законодавство має ряд прогалин, колізій та суперечностей між нормативними актами, що викликає не тільки їх неоднозначне розуміння, а й застосування. У зв'язку з цим потрібно бути більш обачними та скрупульозними при укладанні будь-яких договорів, зобов'язань та оформленні розробленої проектної документації.

Так, у Цивільному кодексі України зазначається, що порушення права інтелектуальної власності, в т.ч. невизнання цього права чи посягання на нього, тягне за собою відповідальність, встановлену чинним законодавством України чи договором між автором та іншим суб'єктом авторського права. З останнього випливає, що кожна особа має право звернутись до суду за захистом свого права інтелектуальної власності.

Порушеннями авторського права, що дають підстави для судового захисту, є вчинення будь-якою особою дій, які порушують особисті немайнові та майнові права суб'єктів авторського права. Вичерпний перелік порушень авторського права наведено в ст. 50 Закону «Про авторське право та суміжні права».

У разі порушення будь-якою особою авторського права чи виникнення загрози неправомірного використання об'єктів авторського права суб'єкти авторського права можуть:

- вимагати визнання та поновлення своїх прав, а також забороняти дії, що порушують авторське право чи створюють загрозу їх порушення;
- звертатися до суду з позовом про поновлення порушених прав та (або) припинення дій, що порушують авторське право чи створюють загрозу їх порушення;
- подавати позови про відшкодування моральної (немайнової) шкоди;
- подавати позови про відшкодування збитків (матеріальної шкоди), у т.ч. майбутньої вигоди, або стягнення доходу, отриманого порушником внаслідок порушення ним авторського права, або виплату компенсацій;
- вимагати призупинення підготовчих дій до порушення авторського права, у т.ч. митних процедур, якщо є підозра, що на митну територію України чи з її митної території можуть бути пропущені контрафактні примірники творів;
- брати участь в інспектуванні виробничих приміщень, складів, технологічних процесів і господарських операцій, пов'язаних із виготовленням примірників творів, щодо яких є підстави для підозри про порушення чи загрозу порушення авторського права, у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України;
- вимагати, в т.ч. у судовому порядку, публікації в засобах масової інформації даних про допущені порушення авторського права та судові рішення щодо цих порушень;
- вимагати від осіб, які порушують авторське право, надання інформації про третіх осіб, залучених до виробництва та розповсюдження контрафактних примірників творів;
- вимагати прийняття інших передбачених законодавством заходів, пов'язаних із захистом авторського права та суміжних прав.

Крім вище перелічених способів захисту авторських прав, передбачених чинним законодавством України, варто більше уваги приділяти попередженню дій, які можуть призвести до порушення авторського права. Вбачається кілька способів такого упередження.

По-перше, варто в договорі з замовником зазначити у кого залишається майнове право на об'єкт авторського права, для яких саме цілей автор (чи організація-роботодавець) надає даний проект замовнику та вказати межі використання даного об'єкта.

По-друге, Законом передбачено, що особа, яка має авторське право (автор твору чи будь-яка інша особа, якій на законних підставах передано авторське майнове право на цей твір), для сповіщення про свої права може використовувати знак охорони авторського права.

Цей знак складається з таких елементів: латинська літера «с», обведена колом, – ©; ім'я особи, яка має авторське право; рік першої публікації твору. Знак охорони авторського права проставляється на оригіналі та кожному примірнику твору.

Враховуючи зазначені та інші заходи щодо попередження порушення авторських прав, можна захистити себе (чи свою організацію) від посягання на право, надане Законом України «Про авторське право та суміжні права», а у разі необхідності – довести порушення авторського права у судовому порядку.

Надійшла 18.10.2007 р.

# ХАРКІВСЬКОМУ КОМПЛЕКСНОМУ ВІДДІЛЕННЮ ВАТ «УКРНДІПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦІЯ ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО» 60 РОКІВ

**Х**арківське комплексне відділення створене у січні 1948 р., коли у м. Харкові почала функціонувати бригада проектувальників сталевих конструкцій Дніпропетровської філії інституту «ЦНДІпроект-стальконструкція» (м. Москва) у кількості 3 чоловік під керівництвом Окраїнця Л.Д. Наприкінці 1948 р. бригаду очолив Серебренніков І.В.

У той час першочерговим завданням бригади було надання допомоги тресту «Стальконструкція» у виготовленні робочих креслень (в основному КМД) у проектах відновлення зруйнованого війною народного господарства країни, у т.ч. м. Харкова.

Вже у 1948 р. було виконано 14 проектів із загальною масою металу 3174 тонни. Поступово бригада виконувала все більший обсяг робіт у проектах КМ. До 1954 р. було випущено 1350 креслень із загальною масою металу 14300 тонн. Чисельність бригади тоді складала 25 чоловік, з'явилися нові фахівці: Пересада А.І., Одвак С.Е., Токаревський Л.О., Нечипоренко М.І. – майбутні ГПи та інші. Крім об'єктів для м. Харкова бригада виконувала роботи й для інших регіонів: метзавод «Нова Гута» у Польщі, редукторний цех та цех № 14 Новокраматорського машинобудівного заводу, копровий цех Костянтинівського метзаводу, цюгла на будинку Харківського Держжпрому заввишки 45 м (загальна висота 105 м) і багато інших.

У 1958 р. бригада була перетворена у відділ і включена до складу інституту «Укрпроектстальконструкція», який розміщувався у м. Києві. В 1965 р. у зв'язку з переведенням Серебреннікова І.В. у м. Алма-Ата відділ очолив головний конструктор Потапов С.О. У цей час до відділу прийшли Фуксман А.А., Кравченко В.П., Мирошніков Е.М. і декілька молодих фахівців. За оперативну роботу керівництво міста заохотило відділ, і колектив одержав власні робочі приміщення загальною площею біля 150 кв. метрів.

З 1970 по 2000 рр. відділ очолював Романтовський І.П. Відділ чисельно й функціонально виріс – у 1982 р. у ньому працювало вже 72 фахівця.

За цей період Харківський підрозділ перетворився у колектив висококваліфікованих фахівців, здатних виконувати будь-які завдання з проектування сталевих конструкцій. Підтримувалися тісні контакти із провідними проектно-технологічними організаціями: Гіпросталь, Укргіпроттяжмаш, Науководослідний і проектний інститут загальної хімії, Гіпротракторсільгоспмаш, УкркомунНДІпроект, Южгіпроруда, Гіпровугілля, Харківський ПромбудНДІпроект, Гіпрококс, Гіпроцемент та іншими.

За 30 років (1970 – 2000 рр.) були виконані проекти по багатьох великих вітчизняних і закордонних об'єктах: Карагандинському метзаводу, Запсибу, метзаводу в Ірані, Макіївському метзаводу (ТЕЦ, пароповітряна станція, доменна піч № 5), Череповецькому меткомбінату (аглофабрика № 2, вапняне господарство), заводу Славтяжмаш, заводу Волгоцеммаш, Краматорському заводу лиття і поковок (ковальсько-пресові цехи № 1 і № 2, обдирково-термічний цех), Новокраматорському машинобудівному заводу (цех ЕКІП, цехи № 3, 4, 23, стан 5000), сміттєспалювальних заводах у містах Харкові, Києві, Кишиневі, висотний готель у м. Суми, Східна центральна збагачувальна фабрика, Північний, Південний та Полтавський гірничо-збагачувальні комбінати, Лисичанський та Кримський содові заводи і багато інших.



**О.Б. Лотоцький**

виконавчий директор ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» по роботі з відокремленими структурними підрозділами



**Ю.І. Терещенко**

директор Харківського комплексного відділення ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

По об'єктах, які проектувалися, проводилися наукові вишукування з наступним їх включенням у технічну документацію: крутосхила покрівля КЦП ковальсько-пресового цеху №1 Краматорського заводу лиття і поковок (разом із Харківським ПромбудНДІпроект), свічі допалювання газів Єнакіївського метзаводу (разом із Гіпросталлю), нова схема каркаса об'єкта Полтавського ГЗКу (з Южгіпрорудою), освітлювальні вишки стадіону «Металіст» у м. Харкові. Виконувалися також роботи спеціального призначення, в основному у співпраці із ЦНДІпроектстальконструкцією: радіотелескопи РТ-128, РТ-64, виробу СРТ-12, СРТ-12т, опорні конструкції антени (разом із Харківським політехнічним інститутом). Принципово нові розробки були відзначені медалями ВДНГ СРСР.

Також велися роботи з визначення технічного стану об'єктів таких підприємств, як: Белгородський цементний завод, Кримський содовий завод, Донецький метзавод, завод ім. Малишева (м. Харків) та інших.

Організації Держбуду доручали Харківському відділу проведення експертизи технічної документації, розробленої іншими проектними організаціями. Досить часто фахівці відділу пропонували рішення, які істотно підвищували ефективність проектів.

Найбільш вагомий внесок у досягнення підрозділу у цей період внесли такі співробітники: ГПі – Пересада О.І., Одвак С.Е., Токаревський Л.О., Леховицький Л.І.; керівники груп – Мирошников Е.М., Кравченко В.П., Сасов М.І., Леховицька В.О.; інженери – Видоменко В.В., Покопцева С.Л., Поклонська Т.В., Балахніна О.Г., Копченіна Н.О.

У 1990 р. відділ було перетворено у Харківський відділ реконструкції споруд № 1, а у 2001 р. – у Харківське комплексне відділення ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», яке очолив Терещенко Ю.І.

До здобутків підрозділу останніх років можна віднести проект стадіону «Ювілейний» у м. Суми, відзначений Державною премією України 2004 р., проекти торговельного комплексу «Target», реконструкцію Єнакіївського метзаводу, Алчевського меткомбінату, стадіону «Металіст» у м. Харкові.

Сьогодні колектив відділення – технічна інтелігенція різного віку – успішно опановує передові технології проектування металевих конструкцій промислових та громадських будівель і споруд, виконує комплексне проектування, обстеження та оцінку технічного стану об'єктів, розробляє креслення підсилення існуючих металоконструкцій, здійснює авторський нагляд за впровадженням проектних розробок.

Останніми роками підрозділ поповнюється молодими перспективними інженерами-проектувальниками, випускниками харківських вищих навчальних закладів.

Своє 60-річчя Харківське комплексне відділення зустрічає із впевненістю в подальшому зростанні попиту на висококваліфікованих спеціалістів у галузі проектування, реконструкції та обстеження будівельних металевих конструкцій. Увесь колектив відділення сповнений енергії та бажання працювати задля розвитку будівельної галузі України.

**Хай щастить Вам, колеги,  
в усіх ваших починаннях, мріях і бажаннях.  
Щастя, здоров'я і добробуту у ваших родинях  
та впевненості в майбутньому.**



а

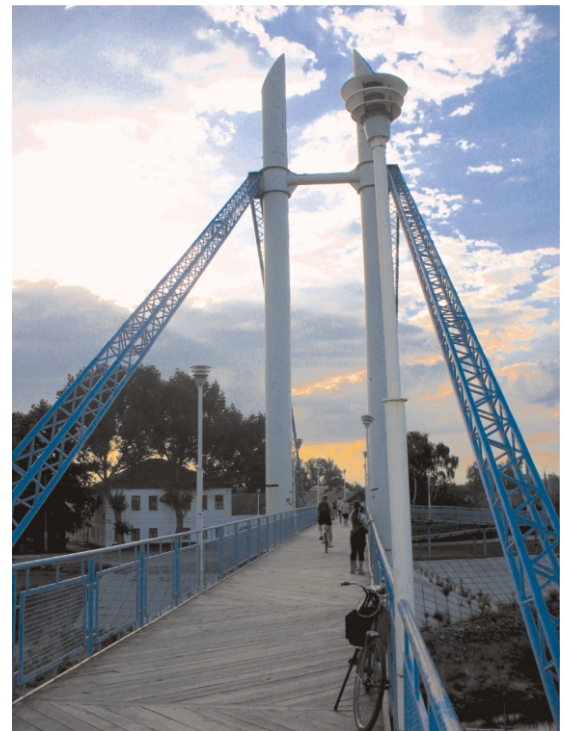


б

#### ВАТ Алчевський меткомбінат:

а – конвертерний цех;

б – машина безперервного лиття заготовок



Міст через р. Сіверський Донець  
у м. Ізюм Харківської області

Надійшла 19.11.2007

**ДО ВІДОМА ЧИТАЧІВ ТА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ  
"ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ"**

**Передплатний індекс на 2008 рік – 98848**

Тематична спрямованість видання – надання різноманітної інформації з питань архітектури, проектування, будівництва об'єктів промислового призначення та інженерних споруд, а також ознайомлення з результатами нових досліджень у галузі технічної діагностики, розроблення і вдосконалення нормативної бази металобудівництва тощо.

**Подання матеріалу планується за такими основними розділами:**

- Досвід будівництва великих промислових комплексів та унікальних інженерних споруд.
- Основні засади інвестиційної політики в промисловому будівництві.
- Наукові і експериментальні дослідження будівельних конструкцій, будівель, споруд.
- Проектування об'єктів промислового призначення.
- Реконструкція і технічне переозброєння промислових об'єктів.
- Експлуатація об'єктів будівельно-промислового призначення та інженерних споруд.
- Виготовлення та монтаж будівельних конструкцій.
- Використання парку машин та механізмів у промисловому будівництві.
- Підготовка кадрів.
- Міжнародне співробітництво.
- Науково-технічна інформація.
- Сучасні зварювальні технології та обладнання.
- Знаменні події (ювілеї організацій та підприємств, провідних фахівців галузі).
- Розміщення рекламної інформації.

**Перелік матеріалів, що подаються до редакції:**

- Текст статті в електронному виді, фото авторів, анотація, авторська довідка, підготовлені у Microsoft Word, а також у роздрукованому виді.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Corel DRAW, Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – bmp, tif, eps, jpg – 300 dpi.
- Роздрукований текст статті підписується усіма авторами, електронні та роздруковані варіанти повинні бути ідентичними.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, наукове звання, державні відзнаки професійної діяльності, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

**Видавець ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»**

**Адреса редакції та видавця: просп. Визволителів, 1, Київ, 02660,  
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»  
тел. (044) 516-52-85, e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua**

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»

Комп'ютерна верстка – **Цапро Т.І.**

Дизайн обкладинки – **Кучер А.В.**

Підписано до друку 17.12.2007 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.

Тираж 500 прим.

**Віддруковано ТОВ «Поліпрінт»**, вул. Лугова, 1, м. Київ, 04074, тел. 501-90-95

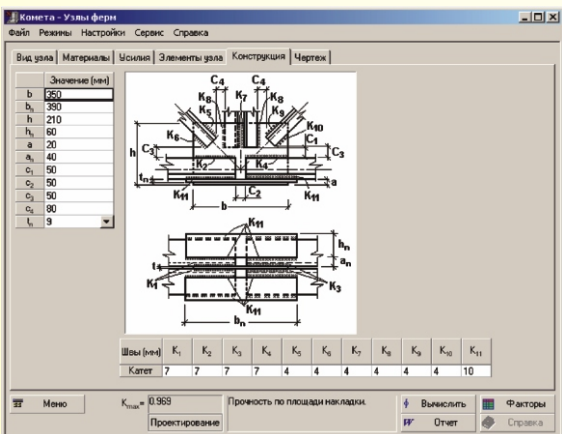
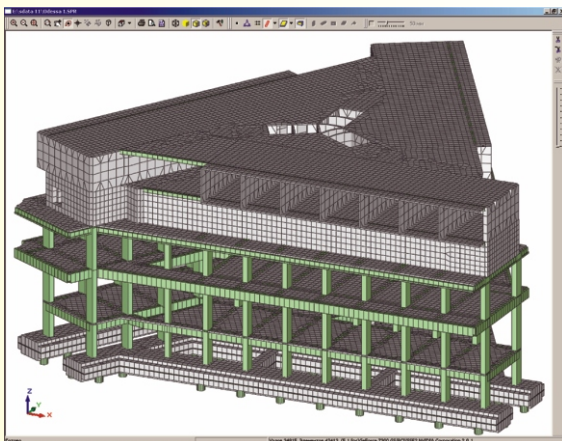
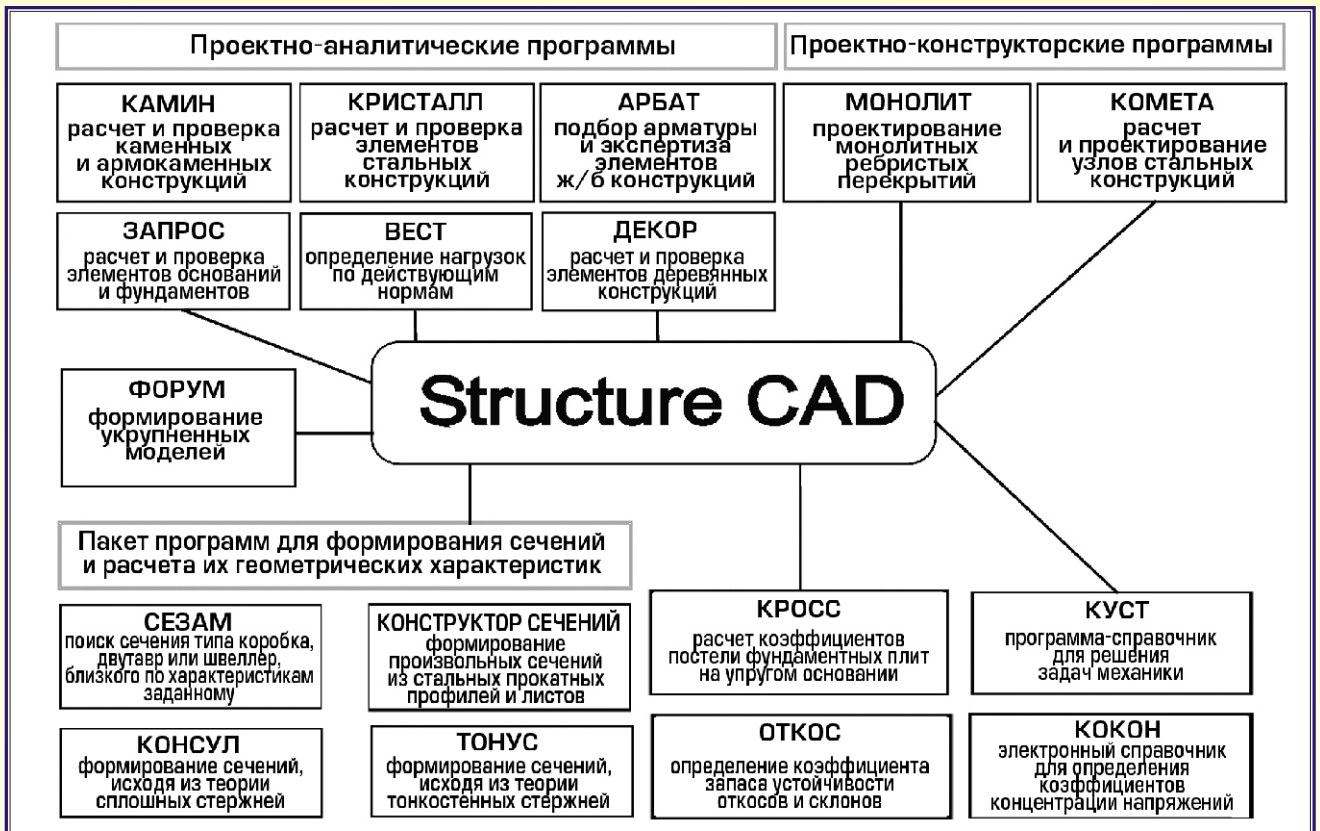
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

**Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом**  
**Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції**  
**Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори**  
**За зміст реклами відповідає подавач**  
**Редакція не завжди поділяє думку авторів**  
**Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали**



# SCAD Office

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА-ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИНЖЕНЕРА-ПРОЕКТИРОВЩИКА



Вычислительный комплекс SCAD является системой конечноэлементного анализа конструкций и ориентирован на решение задач проектирования зданий и сооружений достаточно сложной структуры, где основные трудности представляет определение напряженно-деформированного состояния конструкции. Комплекс снабжен модулями анализа прочности и подбора сечений элементов стальных конструкций, а также арматуры в элементах железобетонных конструкций.

Все программы пакета можно подразделить на три группы: проектно-аналитические, проектно-конструкторские и вспомогательные расчетные.

В основу проектно-аналитических программ положен принцип ориентации на строгое и, по возможности, полное выполнение требований нормативных документов по проектированию конструкций.

Проектно-конструкторские программы служат для разработки конструкторской документации на стадии детальной проработки проектного решения. Программа ВеСТ предназначена для определения нагрузок и воздействий на элементы строительных конструкций.

*БК SCAD, программы КРИСТАЛЛ, АРБАТ, ВеСТ и КАМИН сертифицированы ГОССТРОЕМ РОССИИ. БК SCAD аттестован в НТЦ ЯРБ ГОСАТОМНАДЗОРА.*

ООО «СКАД Софт», (044) 249-71-91  
www.scadsoft.com scad@scadsoft.ru