

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ



1(21)'11

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



Свідоцтво про державну реєстрацію серія KB №4793 від 10.01.01
Постанова президії ВАК України від 1 липня 2010 р. № 1-05/5

Науково-технічний журнал заснований Академією будівництва України та
Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва (НДІБВ) у січні 2001 року.

Видається НДІБВ 2 рази на рік

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів
будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів

Редакційна колегія:

В.С. Балицький — головний редактор, д.т.н., професор;

О.М.Галінський — заступник головного редактора, к.т.н.;

Д.Ф. Гончаренко, д.т.н., професор;

Г.А. Дмитренко, д.е.н., професор;

В.С. Дорофеев, д.т.н., професор;

Г.К. Злобін, президент АБУ;

В.П. Адріанов, віце-президент АБУ;

О.І. Менеїлюк, д.т.н., професор;

С.В. Романов, к.т.н.;

Г.М. Семчук, к.т.н., доцент;

С.А. Ушацький, д.е.н., доцент;

В.І. Шацький

www.ndibv.kiev.ua; e-mail: vistavca@ukr.net; тел. 248-48-68

Літературний редактор А.М. Ясева

Технічний редактор О.М. Смірнова

Художнє оформлення реклами О.М. Галицький

Комп'ютерна верстка та графіка О.В. Сирота

Мова видання: українська і російська.

Журнал рекомендовано до друку Вченою радою інституту 25.08.2011 р., протокол №1.

Адреса редколегії журналу:

03680, Київ, МСП, Червонозоряний проспект, 51.

©НДІБВ, 2011

На першій сторінці обкладинки — будівництво НСК “Олімпійський”

УДК 69.059; 624.15

О.М. Галінський, к.т.н.;
Л.М. Грубська;
В.О. Басанський, НДІБВ

ВИКОРИСТАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ПРИ ВЛАШТУВАННІ КОТЛОВАНУ «ХОЛОДНОЇ ЗОНИ» НА НСК «ОЛІМПІЙСЬКИЙ»

АНОТАЦІЯ

В статті розглянута ефективність вибору технології виконання робіт для забезпечення стійкості конструкцій підпірних стін Черепанової гори при влаштуванні в зоні підпірних стін котловану «холодної зони» на НСК «Олімпійський».

Ключові слова: підпірна стіна, технологічна схема, розрахунки, стійкість, ефективність.

При виконанні будівельних робіт на НСК «Олімпійський» виникла проблема з забезпечення стійкості підпірних стін на схилах Черепанової гори при влаштуванні в основі підпірних стін котловану "холодної зони".

У зв'язку з тим, що проектування і спорудження котловану "холодної зони" відбувалось після спорудження підпірних стін ПС-1 та ПС-5, виникла необхідність у технологічних заходах із забезпечення стійкості огорожі котловану та зменшення впливу котловану "холодної зони" на підпірні стіни.

Підпірні стіни ПС-1 та ПС-5 влаштовувались з двох рядів буронабивних паль із проміжною опорою, яка конструктивно складається з пари контрфорсних паль і плити естакади, що прилягає до паль підпірної стіни. Максимальний перепад висот дорівнює 12,5 м. Котлован "холодної зони" глибиною 6 м, шириною 16 м, огорожа котловану — шпунтові стіни з двотавру № 36 М з дерев'яною забіркою в проміжках між балками.

Мінімальна відстань від контрфорсних паль проміжної опори до котловану "холодної зони" — 8,5 м. Таким чином, котлован "холодної зони" знаходився в межах безпосереднього впливу на підпірні стіни Черепанової гори.

Під час спорудження котловану "холодної зони" в межах підпірної стіни ПС-5 ґрунт під естака-

дою підпірної стіни ПС-5 ще не розроблявся. Для зменшення впливу спорудження котловану "холодної зони" на стійкість підпірної стіни НДІБВ запропонував не розробляти ґрунт під естакадою до виконання всіх залізобетонних конструкцій в "холодній зоні" і виконання зворотної засипки па-зух між тимчасовою огорожею котловану "холодної зони" і залізобетонною стіною споруди "холодної зони".

Зміни в технології виконання робіт надані згідно з виконаними розрахунками для двох основних схем:

— влаштування котловану "холодної зони" зі шпунтовою огорожею і виконання залізобетонних конструкцій всередині котловану до розробки ґрунту під плитою естакади (рис.1);

— влаштування котловану "холодної зони" зі шпунтовою огорожею і виконання залізобетонних конструкцій всередині котловану після розробки ґрунту під плитою естакади (рис.2).

За результатами розрахунків отримані дані щодо переміщень і зусиль, які виникають при застосуванні цих технологічних схем.

Порівняння величин максимальних переміщень та максимальних згинальних моментів у перерізах палі підпірної стіни для двох технологічних схем надані в таблиці 1.

Розрахунок виконувався з урахуванням поетапного влаштування конструкцій та розробки ґрунту. Максимальні зусилля і переміщення для

Таблиця 1. Максимальні переміщення і максимальні згинальні моменти в перерізах палі підпірної стіни

Розрахункова схема	Максимальне переміщення палі підпірної стіни, мм	Максимальний згинальний момент у перерізах палі підпірної стіни, кНм
Схема без розробки ґрунту під плитою естакади до виконання конструкцій у котловані «холодної зони»	108	473,47
Схема з розробкою ґрунту під плитою естакади до виконання конструкцій у котловані «холодної зони»	139	564,55

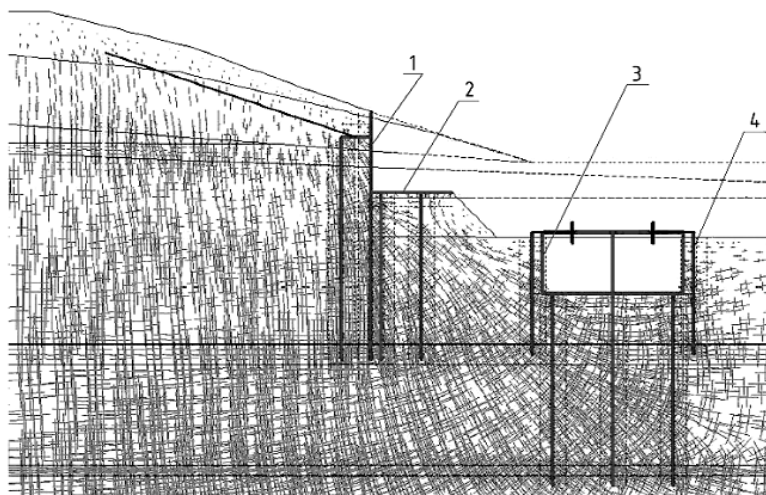


Рис. 1. Розрахункова схема з влаштування котловану "холодної зони" зі шпунтовою огорожею і виконання залізобетонних конструкцій всередині котловану до розробки ґрунту під плитою естакади:

1 – підпірна стіна ПС-5; 2 – плита естакади; 3 – залізобетонні конструкції; 4 – огорожа котловану "холодної зони"

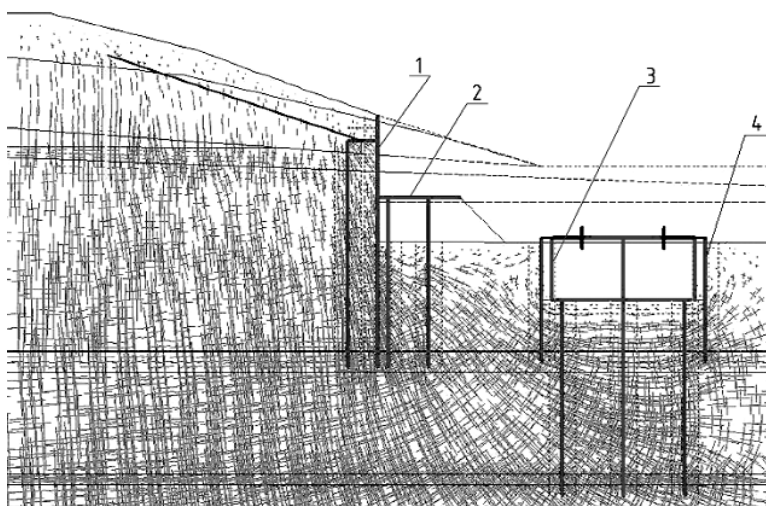


Рис. 2. Розрахункова схема з влаштування котловану "холодної зони" зі шпунтовою огорожею і виконання залізобетонних конструкцій всередині котловану після розробки ґрунту під плитою естакади:

1 – підпірна стіна ПС-5; 2 – плита естакади; 3 – залізобетонні конструкції; 4 – огорожа котловану "холодної зони"

обох технологічних схем виникали на етапі повної розробки ґрунту до проектної відмітки і влаштування конструкцій в котловані "холодної зони".

Зміна технологічної схеми виявилась достатньо ефективною. Зменшення переміщення складо 22,3%, зменшення зусилля згинального моменту складо 16,1%.

Аналіз зусиль в огорожі котловану показав деяке збільшення згинального моменту в перерізах огорожувальних конструкцій котловану при виконанні робіт без розробки ґрунту під естакадою через більший об'єм ґрунтового масиву на борту огорожі котловану. Різниця складо ~10%, що не призводить до втрати міцнісних характеристик і не впливає на стійкість огорожі котловану.

В подальшому на ділянці підпірної стіни ПС-1 при влаштуванні котловану "холодної зони" НДІБВ запропонував технологічну схему влаштування естакади і котловану "холодної зони" з урахуванням роботи існуючих конструкцій.

Стійкість ґрунту схилу в зоні підпірної стіни ПС-1 до влаштування естакади забезпечувала існуюча підпірна стіна, що розташована в нижній частині схилу.

Зовнішня огорожувальна стіна котловану "холодної зони" перетинала існуючу підпірну стіну.

Для прискорення робіт в котловані та влаштування тимчасової дороги вздовж котловану було запропоновано використати палі і ростверк існуючої підпірної стіни в загальній системі стійкості схилу підпірної стіни ПС-1 та огорожу котловану до влаштування естакади.

Згідно з цією схемою до влаштування естакади підпірна стіна розбирається до ростверку. Ґрунт під підпірною стіною розробляється до відмітки встановлення естакади, а потім із відкосом до відмітки верху котловану.

Шпунтові стіни кріплення встановлюються в проектне положення. На рівні ростверку існуючої

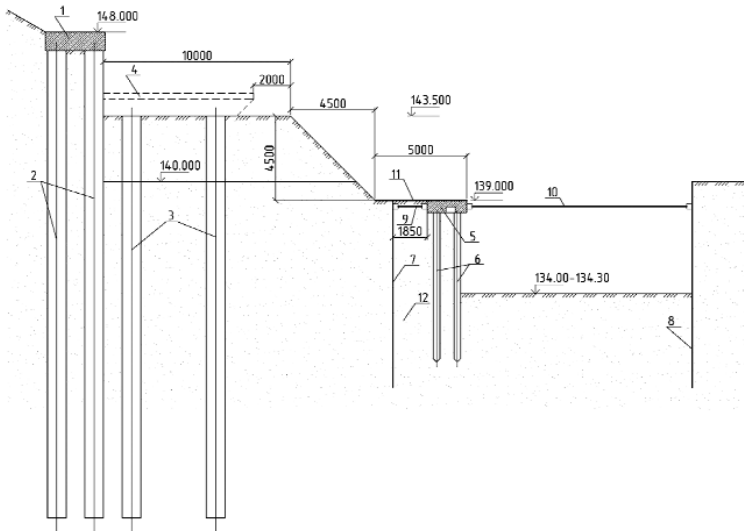


Рис. 3. Схема влаштування котловану "холодної зони" в зоні підпірної стіни ПС-1 з використанням конструкцій існуючої підпірної стіни до влаштування конструкцій естакади:

1 – ростверк ПС-1; 2 – палі ПС-1; 3 – палі естакади; 4 – плита естакади; 5 – ростверк існуючої підпірної стіни; 7 – шпунтова огорожа "холодної зони" в проектному положенні; 8 – шпунтова огорожа "холодної зони" з боку чаші стадіону; 9, 10 – тимчасові розпірні елементи; 11 – асфальт (бетон) – дорога; 12 – існуючий ґрунт

підпірної стіни влаштовуються розпірні елементи, один із яких розпирає ростверк і шпунтову стіну внутрішнього контуру котловану, другий – розпирає існуючий ростверк та шпунтову стіну зовнішнього контуру котловану. Таким чином зв'язувались шпунтові стіни та існуючий ростверк (рис.3).

Ростверк та розпірки засипаються шаром ґрунту товщиною 1,0 м і в цій зоні влаштовується дорога шириною 5,5 м.

Ґрунт у котловані розробляється в зоні, що прилягає до стадіону, і в цій частині котловану ведуться роботи з влаштування буронабивних паль. Стійкість стін котловану на цей час забезпечується шпунтовими стінами, існуючим ростверком, паллями та розпірними елементами.

Виконані розрахунки показали, що стійкість схилу підпірної стіни та шпунтової огорожі котловану при цій схемі виконання робіт забезпечена.

Наведені приклади показали, що дослідження та використання раціональних технологічних схем дозволяє в цілому суттєво зменшити зусилля та деформації у конструкціях і ґрунтовому масиві та, відповідно, забезпечити їх міцність та стійкість із меншими витратами ресурсів. Це досягається завдяки детальному аналізу різної послідовності етапів будівельних робіт та максимальному використанню існуючих та тимчасових конструктивних елементів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Реконструкція НСК "Олімпійський". Об'їзна дорога і противооползневые укрєплення склонов Черепановой гори, 128-2008-ПС-КЖ, ПП "КОМАТЕК". Киев, 2008.

2. Інженерно-геологічні вишукування для розрахунків стійкості схилів на проектування рекон-

струкції існуючих і будівництва нових об'єктів НСК "Олімпійський", АТЗТ "Київсоюздорпроект". Київ, 2008.

3. Реконструкція НСК "Олімпійський". Висновок про інженерно-геологічні вишукування. Вихідні дані, загальна пояснювальна записка, інженерно-геологічні розрізи, ДП "Інститут КИЇВГЕО" ВАТ "Київпроект". Київ, 2008.

4. Звіт про науково-технічну роботу "Надання науково-технічної допомоги при коригуванні проекту виконання робіт та виконання додаткових розрахунків стійкості підпірних стін з урахуванням ситуації виконання робіт при реконструкції НСК "Олімпійський", ОП "НДІБВ". Київ, 2009.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена эффективность выбора технологии производства работ для обеспечения устойчивости подпорных стен Черепановой горы при устройстве в зоне подпорных стен котлована «холодной зоны» на НСК «Олимпийский».

Ключевые слова: подпорная стена, технологическая схема, расчеты, устойчивость, эффективность.

ANNOTATION

The article discusses the effectiveness of technology choice of works to ensure the stability of retaining walls Cherepanova Hill at the constructing in the area of retaining walls of the pit "cold zone" at NSK "Olimpiyskiy".

Key words: retaining walls, flow charts, calculations, sustainability, efficiency.

УДК 624.15:624.042.7

*В.П.Максименко, к.т.н., НИИСП;
Л.В.Филинский, проектный институт СБУ*

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЕМПФЕРНОГО ТИПА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ *

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены результаты применения эффективных демпферов для защиты зданий при сейсмических воздействиях большой интенсивности.

Ключевые слова: фундаменты демпферного типа, кессонная плита перекрытия, сейсмическое воздействие.

Проектирование и строительство высотных зданий в районах с прогнозируемой высокой сейсмичностью от 7 до 9 баллов на территории Украины в соответствии с требованиями ДБН-В.1.1-12 ограничивается высотой. Так, при расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов соответственно для железобетонного каркасного здания с диафрагмами жесткости действуют ограничения по количеству надземных этажей в 9, 12 и 16 соответственно. При этажности более указанной в [1] допускается строительство экспериментальных объектов с соблюдением дополнительных требований ДБН В.1.1-5 [2]. В то же время в нормах Еврокода-8 EN 1998-1:2004 [3] такие ограничения на этажность отсутствуют, но при этом для уменьшения сейсмических воздействий на конструкции широко используются различные демпферные элементы.

В данной статье рассмотрены результаты расчета каркаса санатория "Золотой пляж" в пгт. Ливадия без сейсмозащиты (вариант 1) и при использовании демпферов большой несущей способности (допустимая вертикальная нагрузка на один демпфер от 70 до 150тс) и плит перекрытий кессонного типа (вариант 2).

Согласно картам сейсмического микрорайонирования нормативная балльность составляет 8,47 для площадки строительства с допустимым сейсмическим риском в 10% с грунтами II категории (основной несущий слой — глыбовый известняк с включением дресвы и щебня, известняка с глини-

стым суглинком и супесчаным заполнением 10-20%, $E=52\text{МПа}$).

На рис.1 представлен 3Д вид каркаса здания и план верхнего этажа с ядром жесткости.

На рис.2 приведена расчетная схема каркаса 14 этажного здания по варианту 1 (122 сваи диаметром 62см, фундаментная плита толщиной 1,6м).

На рис.3 представлен план фундаментов и свайного поля по варианту 1 расчета и деформации каркаса с монолитными плитами перекрытия толщиной 20см при сейсмическом воздействии 8,5-баллов ($R_{CH-4}=0,9P_0+0,8D_1+0,5K_p$) по спектральному методу расчета (периоды колебаний по трем основным формам составили: 0,63; 0,55; 0,30 с). Расчет по варианту 1 показал необходимость увеличения жесткости плит перекрытий и увеличения жесткости каркаса в целом.

На рис.4 представлен разрез секции №5-2 и план фундаментов по варианту 2 расчета каркаса с резино-металлическими демпферами на сваях в количестве 70 штук диаметром 62см и длиной 13м, фундаментной плитой толщиной 1,2м и кессонными плитами перекрытия с эффективной высотой 35см (80+190+80мм).

При расчете каркаса с демпферами учитывалась реальная переменная жесткость свай по их длине. Неравномерная жесткость демпферов на сжатие и сдвиг учитывалась введением элементов конечной жесткости КЭ №56, под подошвой фундаментной плиты учитывалась жесткость гравийно-песчаной подготовки. Схема МКЭ кессонной плиты перекрытия моделировалась двумя способами: по приведенной жесткости и реальной жесткости двух плит толщиной 80мм и ребра жесткости шагом 1х1м, сечением 100х350мм (рис.5).

Сейсмозащитное опорное оборудование для установки на грунт под фундамент включает соединенные между собой опору и демпфер (рис. 6). Опора выполнена в виде сваи-стойки, демпфер содержит выгнутые наружу от опоры равномерно распределенные гибкие стержни. Демпфер дополнительно содержит футляр, металлические 12 и неметаллические прокладки 6, упругий наполнитель и защитное кольцо. Футляр выполнен в виде тонкостенного пустотелого цилиндра с возможностью установки сверху сваи-стойки в грунт под фундамент.

*Кольорові рисунки 1, 2, 3, 4, 5 до статті див. на стор. 34-35

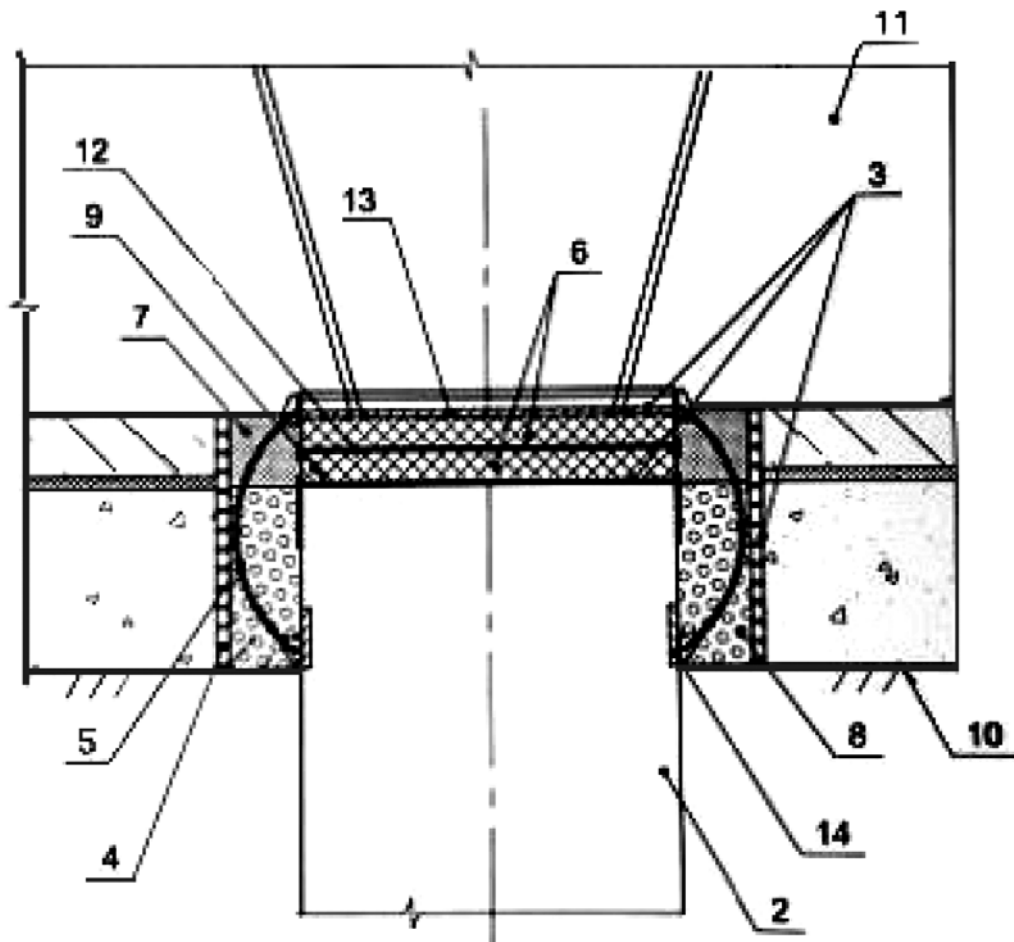


Рис. 6. Принципиальная схема установки демпферной конструкции на оголовок сваи

Свая-стойка дополнительно содержит оголовок 9, в который плотно вложены металлические и неметаллические прокладки демпфера 6, размещенные в футляре 4, соответственно оголовку по форме и размерам, гибкие вертикальные стержни 5 выполнены с возможностью закрепления нижними концами к свае-стойке 2, а верхними концами к фундаменту. Защитное кольцо 7 выполнено с отверстиями для вывода наружу гибких вертикальных стержней и установлено наружу оголовка. Футляр под ним плотно заполнен упругим наполнителем 8, который имеет вид крышки. На данную демпферную конструкцию получено авторское свидетельство на имя Филинского Л.В.

На рис.7 приведены деформации каркаса здания на демпферах при сейсмическом воздействии по синтезированной трехкомпонентной акселерограмме vb6mod29 (периоды собственных колебаний 0,69-0,47с). При применении демпферов максимальное вертикальное усилие в сваях

уменьшилось с 322тс (по варианту 1) до 187тс (по варианту 2).

При применении демпферных конструкций, кроме повышения несущей способности здания, отмечается существенный экономический эффект. Так, в табл.1 приведены технико-экономические показатели по устройству фундаментов по вышеприведенным двум вариантам. В данной конструктивной схеме при применении демпферных конструкций есть возможность уменьшить класс бетона с B60 на B50, расход арматуры уменьшается как минимум на 25-30%.

ВЫВОДЫ.

Таким образом, сейсмозащитное опорное оборудование приводит к повышению несущей способности конструкций в условиях повышенной сейсмической опасности, снижению вибрационной нагрузки на фундаменты при возведении фундаментов строений и многоэтажных зданий. Такое решение является актуальным не только для тра-

Таблица 1. Техничко-економические показатели по монолитным железобетонным конструкциям Секции 5\2 санатория "Золотой пляж" на 400 мест в пгт Ливадия

Наименование конструкции		Вариант 1-плитно-свайный фундамент				Вариант 2-плитно-свайный фундамент демпферного типа			
		Материал		Арматура рабочая		Материал		Арматура рабочая	
		Класс бетона	Общий объем, м³	Диам. и класс арматуры	Общий расход, т	Класс бетона	Общий объем, м³	Диам. и класс арматуры	Общий расход, т
Сваи 620мм. I=13м		B30	478,3	16A500C	22,35	B30	274,4	16A400C	11,5
	кол.		122шт			кол.	70шт.	28 A400C	16,3
Плита ростверка, Собщ.=927.0м²		B30	толщ. h=1.60м 1483,2	25 A500C	73,2	B30	толщ. h=1.20м 1112,4	20 A400C	46,9
Контрфорсы (а=500мм)		B60	30,5	25 A400C	2,80	B50	30,5	16A400C	1,15
Диафрагмы (δ=250мм; 300мм)		B60	771,2	20 A500C	200,9	B50	771,2	16A400C	128,7
Пилоны наклонные bхh=350х500мм		B60	166,0	25 A400C	37,2	B50	166,0	22 A400C	28,8
Колонны bхh=500х500мм, bхh=500х1100мм		B60	162,0	25 A400C	21,0	B50	162,0	22 A400C	16,3
Балочная плита перекрытия	Плита толщ. h=0.22м	B60	334,8	16A500C	45,7	B50	334,8	14A400C	35,0
	Балки, bхh=400х500	B60	32,0	25 A400C	7,9	B50	32,0	22 A400C	6,2
Ребристая плита перекрытия	Плита толщ. h=2х75мм.	B60	330,0	12A500C	57,9	B50	330,0	10A400C	40,3
	Балки bхh = 500х350мм.	B60	115,5	25 A400C	26,0	B50	115,5	22 A400C	20,2
	Ребра bхh= 140х350мм.	B60	167,6	14A500C	36,2	B50	167,6	12 A400C	26,6
Балка обвязочная bхh=350х500мм; h=660мм.		B60	173,5	25 A400C	17,3	B50	173,5	16A400C	17,8
				20 A400C	16,6				
Всего на здание			4244,6		565,05		3669,9		395,75

диционных сейсмически активных горных областей, но и для современного города в условиях наличия зон с колебаниями от наземного и подземного транспорта (например, метро мелкого заложения) Необходимость соблюдения санитарных норм по допустимым уровням вибрации для жилых и общественных зданий для Украины определена в ДСН 3.3.039-99 [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН-В.1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України. — К., 2006.
2. ДБН В.1.1-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. — К., 2007.
3. EN 1998-1. Єврокод 8. Проектирование в сейсмоопасных районах. Основные положения. Общие правила, сейсмические мероприятия и правила относительно зданий, 2004.

4. ДСН 3.3.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. — К., 2000.

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті результати використання ефективних демпферів для захисту споруд при сейсмічних навантаженнях великої інтенсивності.

Ключові слова: фундаменти демпферного типу, кесонна плита перекриття, сейсмічне навантаження.

ANNOTATION

In the article the results of application of effective dampers are considered for defence of building at seismic influences of large intensity.

Keywords: foundations of damper type, waffle slab of ceiling, seismic influence.

УДК 624.139

А.А. Франівський, к.т.н.;

В.П. Максименко, к.т.н.;

П.В. Войтенко, НДІБВ

**ДЕФОРМАЦІЇ ІСНУЮЧИХ СПОРУД
В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ*****АНОТАЦІЯ**

На основі просторової моделі ґрунтової основи майданчика будівництва та врахування реальних ґрунтово-геологічних умов проведено розрахунок на вплив нового будівництва на оточуючу забудову та інженерні мережі.

Ключові слова: ущільнена забудова, просторова модель ґрунтової основи, деформації існуючих споруд.

У великих містах, наприклад, Києві, значно зменшуються вільні площі для забудови через те, що забудова особливо центральних районів міста ущільнюється. Нові будівлі та споруди розташовуються в безпосередній близькості до існуючих забудов. Через значну висоту багатоповерхових, особливо висотних, будинків та жорстко обмежені розміри в плані виникають значні осідання ґрунтової основи під новою спорудою, які нерідко викликають руйнування сусідніх споруд. Слабкі ґрунти, які є характерними для ґрунтово-геологічних умов у Києві, також сприяють виникненню додаткових осідань як нового будівництва, так і існуючої забудови.

Крім того, геологічна будова Києва досить різноманітна і має значну мінливість інженерно-

геологічних умов. Ґрунти, якими складена територія, мають різні геотехнічні характеристики, внаслідок чого виникає необхідність виконання ретельних інженерно-геологічних вишукувань. Гідрогеологічні умови також несприятливі і характеризуються наявністю широко розповсюджених водоносних горизонтів, а в центральній частині міста проходить гирло р. Либідь.

На сьогоднішній день у нормативних документах вперше закладено характеристики допустимих додаткових осідань існуючих споруд, які попадають в зону впливу нового будівництва. Додаткові осідання ґрунтової основи існуючої забудови та їх нерівномірність наведено в табл.1. [1]

Розмір зони впливу нового будівництва на ґрунтову основу існуючої забудови для кожного будинку визначається за результатами розрахунку, який виконується за допомогою підсистеми "Ґрунт" програмного комплексу "Мономах 4.5".

Просторова модель ґрунтової основи майданчика будівництва містить опис характеристик типів ґрунтів (ІґЕ), відомості про свердловини (розташування, відмітки гирла, складові шари ґрунту), а також відомості про навантаження на ґрунт (його розташування, величину та відмітки площини прикладання). На підставі інформації, яка міститься в моделі ґрунтової основи, можна отримати відомості про кожен шар у будь-якій точці будівельного майданчика (рис.1).

Модель ґрунтової основи містить відомості про геологію в кожній точці майданчика будівництва. Кожен складовий ІґЕ (інженерно-геологічний елемент) описується такими характеристиками ґрунту:

- Модуль деформації E ;
- Коефіцієнт Пуассона ν ;

*Кольорові рисунки 1, 3, 4 до статті див. на стор. 36

Таблиця 1. Максимально-допустимі додаткові осідання ґрунтової основи існуючих будинків у зоні впливу нового будівництва

Конструктивна схема існуючого будинку	Максимальна допустима величина додаткових осідань ґрунтової основи ΔS , см	Відносна різниця осідань ґрунтової основи $\Delta S/L$
Будинок із залізобетонним каркасом	4	0,002
Будинок із несучими стінами з цегляної та іншої дрібноштучної кладки з армуванням або влаштуванням залізобетонних поясів	3	0,0015
Будинок із несучими стінами з цегляної кладки без армування	2	0,001
Будинок з несучими стінами з крупних панелей	1	0,002

- Питома вага ґрунту γ ;
- Питоме зчеплення c ;
- Кут внутрішнього тертя φ ;
- Водонасичення (так, ні);
- Вологість W ;
- Коефіцієнт пористості e .

Для розрахунку використовується розрахункова схема у вигляді лінійно деформованого півпростору (задача Бусінеска). Розрахунок виконується за трьома методами пошарового підсумування згідно з ДБН В.2.1-10:2009 на постійні, довготривалі та тимчасові навантаження для свердловин на основі інженерних вишукувань, що представлені замовником.

Метод 1

Значення коефіцієнта постелі C_1 в розрахунковій точці з координатами (x, y) визначається за формулою:

$$C_1 = E_0 / (H_c * (1 - 2 * \nu O^2)), \quad (1)$$

де E_0 — середній модуль деформації; H_c — потужність геологічного елемента; νO — середній коефіцієнт Пуассона;

Метод 2

Значення коефіцієнта постелі C_1 в розрахунковій точці з координатами (x, y) визначається за формулою:

$$C_1 = q / S, \quad (2)$$

де q — значення рівномірно розподіленого навантаження в розрахунковій точці з координатами (x, y) ; S — величина осідання.

Метод 3

Значення коефіцієнта постелі C_1 в розрахунковій точці з координатами (x, y) визначається, як за методом 1, за формулою (1) з тією різницею, що при визначенні середнього модуля деформації E_0 враховується поправочний коефіцієнт K_j .

$$E_0 = \Sigma(\sigma_{zp,jk} * h_j) / \Sigma (\sigma_{zp,jk} * h_j) / K_j * E_j).$$

Такий же коефіцієнт вводиться і при визначенні величини осідання

$$S = 0,8 * \Sigma (\sigma_{zp,jk} * h_j / K_j * E_j).$$

Прийнято, що коефіцієнт K змінюється від 1 до 10 за законом квадратної параболи $K(z) = 9 * z / H_c + 1$ в межах стиснутої товщі H_c . Тут $\sigma_{zp,jk}$ — додаткове вертикальне напруження на глибині z_p від k -го зовнішнього навантаження; h_j — товщина j -го шару ґрунту; E_j — модуль деформації j -го шару ґрунту.

Метод 3 запропонований з метою усунути недоліки, виявлені при оцінці результатів розрахунку за першими двома методами. У методі 1 — це неможливість врахувати наростання модуля деформації по глибині, що призводить до завищених значень осідання, а отже, і зниженням значень коефіцієнта постелі C_1 . У методі 2 — це наявність різкого стрибка значень коефіцієнта постелі C_1 в місцях різкої зміни значень прикладених навантажень. Зауважимо, що цей недолік методу 2 зберігається і при використанні наростаючого за глибиною модуля деформації. Оцінка результатів розрахунку за методом 3 показала, що ці результати близькі до результатів розрахунку за схемою у вигляді лінійно-деформованого шару. Для всіх методів значення коефіцієнта постелі C_2 у розрахунковій точці з координатами (x, y) визначається за формулою:

$$C_2 = C_1 * H_c^2 * (1 - 2 * \nu O^2) / (6 * (1 + \nu O)). \quad (3)$$

Для методу 1 цю формулу можна записати:

$$C_2 = E_0 * H_c / (6 * (1 + \nu O)). \quad (4)$$

За результатами розрахунків визначаються максимальні осідання та відносна нерівномірність осідань, як для нового будівництва, так і для оточуючих споруд, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва. Розрахункові значення порівнюються із нормативними значеннями цих величин згідно з табл. 1 [1].

При розрахунку будівлі на плитно-пальовому фундаменті навантаження від каркаса на ґрунтову основу з врахуванням моделі лінійно-деформованого напівпростору розподіляються по глибині залягання паль, під фундаментною плитою, в свою чергу, передається не більше 15% від усього навантаження [2].

За даними методами проведено розрахунок реального об'єкта висотного будівництва по вул. Льва Толстого в Києві (рис.2).

По вул. Л. Толстого розглядався 27-поверховий торговельно-офісний центр, що складається з 27 надземних поверхів та одного підземного (цокольного) поверху. Площа забудови складає 4000 м² загальною висотою 113,6 м.

У зоні впливу нового будівництва розташовано п'ять існуючих будинків: 2-поверховий цегляний будинок по вул. Льва Толстого, 55, одноповерховий цегляний будинок з мансардою та підвалом по вул. Льва Толстого, 55-А, шестиповерховий цегляний будинок з мансардою та підвалом по вул. Житлянській, 83/53, житловий одноповерховий цегля-

ний будинок по вул. Гайдара, 3 та житловий 4-поверховий панельний адміністративний будинок по вул. Гайдара, 6 (рис.3).

У геоморфологічному відношенні ділянка будівництва належить до долини р. Либідь. Гідрогеологічні умови характеризуються наявністю трьох горизонтів підземних вод, перший з яких знаходиться в алювіальних відкладеннях і залягає на момент вишукувань (грудень 2007 р., травень 2008 р.) на глибині 1,0-1,7 м, що відповідає позначці 120,82-120,50 м. Підземні води другого горизонту приурочені до пісків бучакської свити і залягають на глибині близько 45,5-47,5 м, що відповідає позначці 76,67-74,30 м. Підземні води третього напірного горизонту знаходяться в пісковіку і залягають на глибині 93,5 м, що відповідає позначці 28,30 м.

У процесі інженерно-геологічних вишукувань було розвідано 12 свердловин глибиною до 40 м. Всі вишукування проводилися лише на території нової забудови і через це в процесі розрахунку не можна повноцінно врахувати ґрунтовий масив зони впливу. Тому для створення більш точної моделі ґрунтового масиву та проведення більш точного розрахунку потрібно створювати віртуальні свердловини, щоб охопити існуючу забудову. Але це лише припущення, через що потрібно проводити інженерно-геологічні вишукування і біля споруд, котрі попадають в зону впливу нового будівництва. Це дозволить найточніше описати ґрунтовий масив та виконати розрахунок, врахувавши реальну основу під існуючими будинками.

Згідно з додатком 10 до СНиП 1.02.07-87 територія належить до II (середньої) категорії складності інженерно-геологічних умов. Рельєф ділянки спокійний. Відмітки поверхні змінюються в межах 128,6-131,1 м. У геологічній будові на розвіданих глибинах до 100,0 м беруть участь четвертинні відкладення, які представлені алювіальними пісками: супісками і заторфованими ґрунтами, під якими залягають київські мергельні глини, далі залягають палеогенові піски і супіски, які відносяться до бучакської свити і канівських запісочених глин. Всі ці відкладення кайнозою підстилають відкладення мезозою, які представлені крейдою і сантонською запісоченою глиною і пісковиком.

Враховавши план забудови (рис.3) та гідрогеологію району забудови, був виконаний розрахунок впливу осідань нового будівництва на існуючу за-



Рис.2. Загальний вигляд об'єкта розрахунку по вул. Л. Толстого

будову (рис.4). За отриманими результатами, зведеними в таблицю 2, зроблено наступні висновки:

- максимальні осідання ґрунтової основи під висотним будинком складають 15,7 см та відносна різниця осідань ґрунтової основи під висотним будинком складає 0,00173, що не перевищує нормативних значень;
- максимальні додаткові осідання для будинків по вул. Льва Толстого, 55 та вул. Гайдара, 6 перевищують нормативно-допустимі в межах 5%, для інших будинків знаходяться в межах нормативних значень.

У зв'язку з перевищенням максимальних розрахункових осідань ґрунтової основи будинку по вул. Льва Толстого, 55 над нормативно допустимими необхідно перед початком будівництва виконати запобіжні заходи щодо збереження цілісності споруди, в складі яких рекомендується влаштування огорожі (шпунтової стінки) для відокремлення існуючої споруди від ділянки нового будівництва та укріплення конструкцій будинку.

З урахуванням результатів деформаційного розрахунку ґрунтової основи висотного будинку та наближенням максимальних розрахункових осідань ґрунтової основи інших оточуючих споруд

Таблиця 2. Зведені результати деформаційного розрахунку ґрунтової основи нового будівництва та оточуючої забудови по вул. Л.Толстого

№№ з/п	Найменування об'єктів	Розрахункові максимальні осідання $S_{\max}$, см	Допустимі максимальні осідання $[S_{\max}]$, см	Розрахункова різниця осідань $\Delta S/L$	Нормативна різниця осідань $[\Delta S/L]$
1	Висотна споруда по вул. Льва Толстого, 57 у Голосіївському районі м. Києва	15,7	Не нормується	0,00173	0,002
	Оточуюча забудова в зоні впливу нового будівництва				
2	2-поверховий цегляний будинок вул. Льва Толстого, 55 у Голосіївському районі м. Києва.	2,1	2	0,00027	0,001
3	Одноповерховий цегляний будинок з мансардою та підвалом по вул. Льва Толстого, 55-А у Голосіївському районі м. Києва.	0,343	2	0,000221	0,001
4	Одноповерховий цегляний будинок з мансардою та підвалом по вул. Жилинській, 83/53 у Голосіївському районі м. Києва.	0,642	2	0,000275	0,001
5	Житловий одноповерховий цегляний будинок по вул. Гайдара, 3 у Голосіївському районі м. Києва.	0,265	2	0,000143	0,001
6	Житловий 4-поверховий панельний адміністративний будинок по вул. Гайдара, 6 у Голосіївському районі м. Києва	1,014	1	0,000343	0,001

до нормативно допустимих запропоновано проводити геотехнічний моніторинг ділянки будівництва та існуючої забудови в зоні впливу нового будівництва в процесі будівництва та експлуатації на визначений в індивідуальних технічних вимогах (ІТВ) та проектній документації на період до стабілізації деформацій ґрунтової основи. Необхідні роботи щодо спостереження рекомендовано включити в програму науково-технічного супроводу у відповідності з ДБН В.1.2-5:2007 [3].

Своєчасне виконання подібних розрахунків дає можливість вжиття необхідних запобіжних заходів та збереження цілісності існуючої забудови. Крім того, ці розрахунки можуть бути основою для формування юридичних і майнових відносин між забудовником та власником існуючих споруд, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-24:2009 *Проектування висотних житлових і громадських будинків.*
2. ДБН В.2.1-10:2009 *Основи та фундаменти споруд.*
3. ДБН В.1.2-5:2007 *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів.*
4. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) *"Основи та фундаменти споруд. Ґрунти. Класифікація", Держбуд України. – К.: 1997.*

5. ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) *"Основи та фундаменти споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань". Держбуд України. – К.: 1997.*

6. ДБН В.1.2-12:2008 *Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки, Мінрегіонбуд України. – К.: 2008,*

АННОТАЦІЯ

На основі пространственої моделі ґрунтового основания площадки строительства и учета реальных ґрунтово-геологических условий произведен расчет на воздействие нового строительства на окружающую застройку и инженерные коммуникации.

Ключевые слова: уплотненная застройка, пространственная модель ґрунтового основания, деформации существующих сооружений.

ANNOTATION

On the basis of spatial model of the soil base of construction site and the consider of real soil-geological conditions produced the calculation on influence of new building on surround building and engineering communications.

Keywords: compacted buildings, spatial model of the soil base, deformations of existing constructions.

УДК 699.8;725

А.И. Гармаш, ННИСП

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ГИДРОИЗОЛЯЦИИ НА ОБЪЕКТАХ НСК "ОЛИМПИЙСКИЙ"

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена новая технология устройства гидроизоляции строительных конструкций подземных частей зданий. Установлено, что при напряженном ритме строительно-монтажных работ сохранить целостность выполненной гидроизоляции в большинстве случаев не удастся.

Рассматривается технология устройства гидроизоляции из полотнищ рулонного полимерного материала, свариваемых горячим воздухом. За счет свободного прилегания гидроизоляции к изолируемой поверхности резко сокращается время ее устройства. Такая технология укладки гидроизоляционной мембраны придает гидроизоляции высокую ремонтпригодность, так как при необходимости в свободный зазор между поверхностью и мембраной должен быть закачан гидроизоляционный раствор.

Новая технология успешно применена на объектах реконструкции НСК "Олимпийский".

Ключевые слова: гидроизоляция, полимерная мембрана, сварка полотнищ, свободная укладка, нагнетание гидроизоляционного раствора

Известно, что устройство гидроизоляции строительных конструкций является одним из самых "неудобных" строительных процессов, особенно при возведении объектов с напряженным ритмом строительно-монтажных работ. Как правило, устройство гидроизоляции связано с большим количеством ограничений и, в первую очередь, по соблюдению температурно-влажностных режимов устройства основания и самой гидроизоляции. Кроме того, для выполнения сложных узлов гидроизоляции примыканий и деформационных швов необходимо применение квалифицированного труда рабочих. А при использовании мастичных, растворных (особенно многокомпонентных) композиций необходимо предусматривать многочасовой технологический перерыв на стабилизацию или набор прочности гидроизоляционного состава на технологической захватке, доступ с которой запрещен.

Опыт показал, что при напряженном ритме строительно-монтажных работ на объекте даже выполненную с высоким качеством гидроизоляцию не удастся сохранить в целостности, если не приняты особые меры сохранности.

С учетом таких обстоятельств для большинства объектов НСК "Олимпийский" для гидроизоляции строительных конструкций была принята современная технология устройства свободнолежащего гидроизоляционного ковра из полотнищ рулонного материала, сваренного в единую гидроизоляционную мембрану при помощи горячего воздуха, с таким конструктивным решением, которое позволяет организовать посекционное подавление возможных протечек в изолируемой конструкции в течение срока эксплуатации.

В качестве гидроизоляционного материала выбран Sikaplan WP 1100 (Швейцария) - полимерная гидроизоляционная мембрана на основе пластифицированного поливинилхлорида с сигнальным слоем ярко-желтого цвета. Ее технические характеристики приведены в табл. 1

Длина рулона 20 м, ширина 2,2 м, удельная масса 2,6 кг/м².

Полотнища гидроизоляционной ПВХ мембраны свободно укладываются на бетонную поверхность, свободную от грязи, наплывов раствора и бетона, острых углов и неровностей в виде глубоких каверн, разломов, торчащего из бетона щебня, мусора, арматуры и т.п. Радиусы закругления отдельных неровностей должны быть не менее 200 мм.

Особенностью примененной на НСК "Олимпийский" технологии устройства гидроизоляции является использование комплекта материалов:

Таблица 1. Технические характеристики гидроизоляционного материала Sikaplan WP 1100

Толщина	2,00 мм
Прочность при разрыве	Вдоль рулона $\geq 8,0$ Мпа
	Поперек рулона $\geq 8,0$ Мпа
Удлинение при разрыве	Вдоль рулона ≥ 200 %
	Поперек рулона ≥ 200 %
Водонепроницаемость при $P=0,3$ МПа в течение 72 ч	Отсутствие следов проникновения воды
Прочность сварного шва	≥ 1390 Н/50 мм
Водопоглощение	$\leq 2,0$ %

- Sika Crout-314 — самовыравнивающийся цементно-эпоксидный раствор для подготовки основания под гидроизоляцию;

- Sikadur-42 - трехкомпонентный подливочный самоуплотняющийся гидроизоляционный раствор на основе эпоксидных смол;

- геотекстиль — нетканый материал из полипропиленовых волокон, обеспечивает сопротивление проколу и излому, предохраняет гидроизоляционную мембрану от механического воздействия, выполняет функцию слоя скольжения при возможном трещинообразовании прилегающих к гидроизоляции конструкций;

- шпонка гидравлическая Sika Fugenband - эластичный профиль из ПВХ, предназначенный для герметичного формирования деформационных, осадочных и рабочих швов в бетонных конструкциях. Шпонки гидравлические крепятся к ПВХ мембране путем термической сварки;

- инъекционный фланец Sikaplan WP Injection flange, который крепится методом сваривания поверх гидроизоляционной ПВХ мембраны и предназначен для подачи гидроактивного гидроизоляционного состава между мембраной и бетонной конструкцией при появлении активной течи и последующей ее ликвидации.

- инъекционная трубка Sikaplan W Control Tube, предназначенная для подачи гидроактивного гидроизоляционного состава в инъекционный фланец;

- опалубка полимерная криволинейная, предназначенная для добетонирования оголовков свай ($\varnothing 0,82$ м и 1,0 м);

- сухая цементно-полимерная смесь Siltek-F15, предназначенная для приготовления гидроизоляционного раствора и последующего гидроизоляции оголовков свай.

В состав технологического процесса устройства гидроизоляции подземных строительных конструкций входит две технологические операции: гидроизоляция оголовков бетонных свай и гидроизоляция поверхностей.

Для гидроизоляции оголовков свай выполняют следующие работы: очистка бетонной поверхности оголовка свай и мест примыкания к свае; монтаж опалубки на бетонном основании сваи крепежными дюбелями; гидрошпонки Sika Fugenband крепят с внутренней стороны опалубки адгезионными ребрами внутрь; края гидрошпонки свариваются промышленными фенами "стык в стык" и затем производят обетонирование оголовка сваи бетоном марки В30 W8; после твердения опалубку бетона демонтируют; на примыкании стяжки к свае делают галтель из раствора SILTEK F-15; производят раскрой ПВХ мембраны для устройства примыкания гидроизоляционного ковра к свае; затем производят сваривание "юбки" из Sikaplan WP 1100 с вбетонированной в оголовок сваи гидрошпонкой Sika Fugenband и впоследствии с горизонтальным гидроизоляционным ковром из ПВХ. По окончании всех работ на горизонтальной части оголовков свай наносят слой высокопрочного гидроизоляционного раствора на основе эпоксидных смол Sikadur-42. Толщина наносимого слоя не менее 5 мм.

Примеры выполнения работ по гидроизоляции оголовков свай приведены на рис. 1-3.

Для гидроизоляции горизонтальной поверхности днища здания выполняют следующие работы. Очищают бетонную поверхность, смывают поверхность струей воды аппарата высокого давления, убирают поверхность промышленным пылесосом и выравнивают раствором SILTEK F-15 (заделка



Рис. 1. Внешний вид гидроизоляции днища

каверн, трещин, неровностей). Укладывают защитный слой геотекстиля плотностью 500 гр./м².

Полотна геотекстиля раскраиваются в соответствии с рельефом и размещением деталей поверхности и укладывают с нахлестом 10-15 см друг на друга. Производят раскройку ПВХ мембраны в соответствии с геометрией деталей поверхности.

Гидроизоляционная мембрана укладывается поверх геотекстиля внахлест (не менее 10 см; нахлест для удобства отмечен вдоль края рулона красной линией). Сварка швов производится промышленными сварочными аппаратами горячего воздуха. Таким образом получаем свободно лежащий гидроизоляционный ковер, на который не воздействуют все перемещения основания.

В новой технологии устройства гидроизоляции важным является проведение контроля качества швов сварки. Наконечником отвертки (с небольшим нажимом) проводят по линии сварочного шва полотнищ гидроизоляционного материала. Плохо сваренные места, выявленные при проверке, свариваются заново.

Для монтажа гидрошпонки Sika Fugenband на участке разделения площади гидроизоляции на отдельные зоны выполняют следующие работы: очищают поверхность шпонки и мембраны составом Colma Cleaner; из профиля гидроизоляционной шпонки Sika Fugenband методом термической сварки подготавливают крестообразные, Т-образные, Г-образные соединительные элементы; гидрошпонку герметично сваривают с гидроизоляционной мембраной промышленными сварочными аппаратами горячего воздуха.

Гидроизоляцию поверхности стен подземных помещений выполняют в такой последовательности. Перед заливкой бетонной плиты днища производят монтаж гидрошпонки Sika Fugenband к

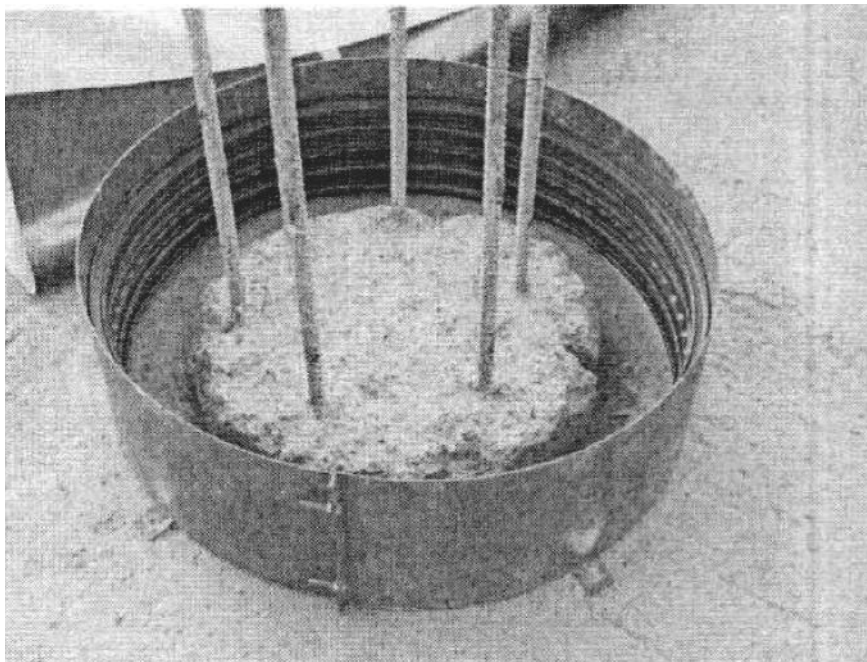


Рис. 2. Установка опалубки оголовка бетонной сваи

опалубке, после заливки бетона и демонтажа опалубки поверхность бетона подлежит подготовке. На подготовленную поверхность стены укладывают слой геотекстиля. Для устройства гидроизоляционной мембраны Sikaplan производят раскройку ПВХ мембраны в соответствии с геометрией поверхности. Гидроизоляционная мембрана укладывается поверх геотекстиля с нахлестом не менее 10 см. В случае необходимости и предотвращения смещения при сварке производится крепление полотнищ мембраны дюбелями. Сварка швов произ-



Рис. 3. Усиление гидроизоляции в месте примыкания к бетонной свае

водиться промисловими сварочними аппаратами горячего воздуха. Для монтажа гидрошпонки Sika Fugenband производят очистку поверхности шпонки, далее методом термической сварки из полимерного профиля гидрошпонки подготавливают крестообразные, Т-образные, Г-образные соединительные элементы. Затем гидрошпонку сваривают с гидроизоляционной мембраной промышленными сварочными аппаратами горячего воздуха, и укладывают защитный слой геотекстиля. При необходимости отвода воды производят укладку защитного слоя из шипообразной мембраны "Изолит" или Delta-NB.

Анализируя опыт применения новой технологии устройства гидроизоляции на объектах НСК "Олимпийский", можно отметить следующие преимущества:

- укладка свободнолежачего гидроизоляционного ковра не зависит от влажности бетонного основания. Отпадает необходимость в традиционных трудоемких усилиях по высушиванию бетонного основания под гидроизоляционный ковер. На свободнолежащий гидроизоляционный ковер не передаются деформации основания;

- соединение полотнищ рулонной гидроизоляционной ПВХ-мембраны выполняют сваркой горячим воздухом, качество которой можно проверить как визуальным, так и инструментальными методами;

- уложенный и сваренный из отдельных полотнищ гидроизоляционный ковер имеет необходимые показатели прочности и водонепроницаемости. Нет необходимости планировать время для набора прочности и водонепроницаемости при постепенной стабилизации нанесенного гидроизоляционного ковра;

- материал гидроизоляционной мембраны Sikaplan обладает ремонтопригодностью. В случае получения механических повреждений в полотнище материала при помощи приварки накладок может быть восстановлена необходимая степень водонепроницаемости полотнища гидроизоляционного материала;

- технология устройства гидроизоляции предусматривает возможность посекционного подавления течей, появляющихся в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.7-101 -2000 "Матеріали рулонні

покрівельні та гідроізоляційні. Технічні умови"

2. "Новые технологии устройства гидроизоляции" "Нові технології в будівництві, 2001. - № 1.

3. Технологическая карта 446.00.000 ТК "Устройство гидроизоляции строительных конструкций частей зданий с использованием рулонных гидроизоляционных материалов". - К.: НИИСП, 2008.

4. "Комплексное решение гидроизоляции", Информационный лист фирмы "Sika" (Швейцария).

АНОТАЦІЯ

Розглянута нова технологія влаштування гідроізоляції будівельних конструкцій підземних частин будівель. Встановлено, що при напруженому ритмі будівельно-монтажних робіт зберегти цілісність виконаної гідроізоляції в більшості випадків не вдається. Розглядається технологія влаштування гідроізоляції з полотнищ рулонного полімерного матеріалу, що зварюються гарячим повітрям. За рахунок вільного прилягання гідроізоляції до поверхні різко скорочується час її влаштування. Така технологія укладання гідроізоляційної мембрани надає гідроізоляції високої ремонтпридатності, оскільки за необхідності у вільний зазор між поверхнею і мембраною може бути закачаний гідроізоляційний розчин. Нова технологія успішно застосована на об'єктах реконструкції НСК "Олімпійський".

Ключові слова: гідроізоляція, полімерні мембрани, зварювання полотнищ, вільне укладання, нагітання гідроізоляційного розчину.

ANNOTATION

A new technology for waterproofing of building structures of the underground parts of buildings. It is established that the hectic construction work done to preserve the integrity of waterproofing in most cases not possible. The technology of waterproofing cloth roll of plastics material welded with hot air. Due to the free fitting waterproof insulated surface to dramatically reduce the time of its construction. Such technology is laying waterproofing membrane waterproofing makes high maintainability, since the need for a free gap between the surface and the membrane be downloaded waterproofing solution. New technology has been successfully applied to the objects of reconstruction NSK "Qlympiyskiy".

Keywords: waterproofing, polymeric membrane, Welding of panel, Free stowage, Force of waterproofing solution.

УДК 624.04.001.57 (045)

*М.С. Барабаш, к.т.н., НАУ;**Ю.В. Гензерський, ТОВ "ЛІРА САПР";**Я.В. Покотило, НАУ*

МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ЙМОВІРНОСТІ ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ ПРИ ДІЇ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ*

АНОТАЦІЯ

У статті наведено класифікацію можливих типів прогресуючого обвалення, проаналізовано ознаки прогресуючого обвалення, визначена ймовірність руйнування конструктивної системи при настанні особливої ситуації, запропоновані методи мінімізації ймовірності прогресуючого обвалення.

Ключові слова: прогресуюче руйнування, надграничний стан, непропорційне обвалення, локальне руйнування, надійність конструкцій

Прогресуюче руйнування (англ. Progressive Collapse) є відносно новим терміном в теорії конструкцій і має ряд визначень, що містяться в науково-технічній літературі [3-8, 10].

Встановлено, що головною ознакою прогресуючого руйнування прийнято вважати непропорційно великі масштаби остаточного пошкодження будівлі та відповідно збитку по відношенню до локального пошкодження (обвалення) окремого конструктивного елемента (або групи конструктивних елементів), що ініціювали ланцюгову реакцію обвалення. Слід зазначити, що у такого підходу існують як прихильники, так і опоненти, які відстоюють, головним чином, питання термінології.

Беручи до уваги ту обставину, що будь-яке руйнування є певною мірою "прогресуючим", деякі автори та нормативні документи пропонують використовувати термін "непропорційне обвалення" аби взагалі не акцентувати уваги на цьому терміні.

Так, наприклад, в європейській практиці нормування, на відміну від американської, відсутній документ, що безпосередньо регламентує розрахунок конструктивних систем на прогресуюче обвалення, але разом з тим цей феномен враховується в ТКП ЄП 1991-1-7 "Загальний вплив — Особливі

впливи" (EN 1991-1-7: General Actions — Accidental Actions) в рамках перевірки живучості конструктивної системи в особливій розрахунковій ситуації при врахуванні розрахункового мінімуму вертикальних і горизонтальних зв'язків.

Практика аналізу катастроф свідчить про те, що вони часто відбуваються з будівлями і спорудами, які добротно спроектовані і побудовані, їх основні конструкції розраховані на вплив надмірних навантажень. Катастрофічний вплив може викликати принципову зміну розрахункової схеми споруди і одночасно з цим роботу несучих конструктивних елементів у надграничному стані, не передбаченому діючими нормативами. У зв'язку з цим виникає проблема регламентування цього надграничного стану.

Пропонується класифікація можливих типів прогресуючого обвалення:

1) прогресуюче обвалення: один або кілька елементів конструктивної системи руйнуються раптово (незалежно від причин, що викликали руйнування), що веде до перерозподілу зусиль та чергового виключення (руйнування) інших конструктивних елементів до тих пір, поки не буде досягнуто новий стан рівноваги, при якому частина конструктивної системи, якщо не вся будівля, піддається обваленню;

2) непропорційне обвалення: прогресуюче обвалення характеризується як непропорційне, якщо розміри області результуючого обвалення перевищують допустимі, встановлені відповідними нормами, стандартами, рекомендаціями. У силу цього, критерій непропорційності може відрізнятися для різних країн залежно від прийнятого рівня допустимого ризику [1, 2].

Таким чином, "прогресуюче обвалення" має наступні ознаки:

— реалізація аномальної події, що викликає появу особливих (ідентифікованих і / або неідентифікованих) впливів;

— раптове локальне руйнування окремого(их) конструктивного(их) елемента(ів), що провокує лавиноподібне обвалення значної частини конструктивної системи;

— непропорційно великі масштаби результуючого обвалення і соціально-економічні наслідки по відношенню до його локального руйнування, що перевершують допустимі значення, встановлені в залежності від прийнятого рівня допустимого ризику.

*Кольорові рисунки 1, 2, 3 до статті див. на стор. 37

Слід зазначити, що в більшості випадків сценарії розвитку прогресуючого обвалення пов'язують, головним чином, з перерозподілом зусиль у модифікованій конструктивній системі, що отримала початкові руйнування. Однак в особливих розрахункових ситуаціях можуть реалізовуватися і інші механізми та сценарії поширення руйнувань.

Відомо, що прямим шляхом збільшення надійності конструкції є зниження ступеня ризику. У систему диференційованих коефіцієнтів безпеки входить коефіцієнт надійності за призначенням, який іноді називають коефіцієнтом забезпеченості. При застосуванні цього коефіцієнта зі значенням 1,1-1,2, як це рекомендовано нормами проектування висотних будівель, ми збільшуємо опір вузлів і перетинів каркаса, але це майже не впливає на його здатність чинити опір прогресуючому руйнуванню. Тим не менше, надійність конструкції при експлуатаційних впливах помітно зростає. Користуючись апаратом теорії ризику, можна прогнозувати надійність незруйнованості при наперед заданому відносному запасі несучої здатності.

У різних країнах прийняті нормативними документами різні критеріальні значення для обмеження області результуючого обвалення. В Україні у ДБН В.2.2-24 (додаток Е) прийняті такі критерії обмеження області локального руйнування:

- у горизонтальному напрямку:
обвалення ділянки перекриття одного поверху на площі локального обвалення;
- у вертикальному напрямку:
обвалення (видалення) окремої колони (пілону) або колони (пілону) з прилеглими до них ділянками стін, розміщених на одному поверсі на площі локального обвалення;
- обвалення (видалення) двох стін, що перетинаються, на ділянках від місця їх перетину (наприклад, від кута будинку) до найближчого отвору в кожній стіні або до наступного вертикального перетину зі стіною іншого напрямку;
- у всіх випадках площа поперечного перерізу всіх вилучених вертикальних елементів, розташованих на ділянці 80 м², не повинна перевищувати для залізобетонних елементів 0,9 м², для фібробетонних елементів 0,7 м², для жорсткої арматури 15 %;

Як впливає з аналізу робіт [3-7, 10], локальні руйнування (пошкодження) можуть бути ініційовані цілим рядом аномальних причин (подій), включаючи як людські помилки, допущені в про-

цесі проектування і зведення будівлі, так і події, які можуть статися з малою ймовірністю після його зведення в процесі експлуатації, але не розглядаються в постійних та перехідних розрахункових ситуаціях при складанні відповідних поєднань ефектів від можливих пошкоджень при традиційному проектуванні. Такі події пов'язані з появою, як правило, аномальних впливів, які традиційно прийнято називати особливими. Ці дії, до яких відносяться вибухи (газу, бомби тощо), удари транспортних засобів (вантажівки, літака), великомасштабні пожежі, екстремальні кліматичні чи інші аномальні природні впливи, не розглядаються в рамках традиційного проектування. У загальному випадку стратегія управління ризиками в особливих розрахункових ситуаціях фокусується на здатності пошкодженої (модифікованої) конструктивної системи зберігати живучість після настання особливої події, пов'язаної з появою аномального впливу. Якщо кожен із загроз, обумовлених раніше, представити випадковою подією H_i , тоді повна ймовірність обвалення конструктивної системи при реалізації особливої події може бути записана наступним чином:

$$P(F) = \sum_{i>1} P(F/DH_i) P(DH_i/H_i) P(H_i), \quad (1)$$

де F — подія, що визначається як непропорційне або прогресуюче обвалення конструктивної системи;

$P(F/DH_i)$ — умовна ймовірність обвалення конструктивної системи за умови, що відбудеться локальне руйнування окремого елемента при реалізації особливої події H_i

$P(DH_i/H_i)$ — умовна ймовірність локального руйнування окремого конструктивного елемента при реалізації особливої події;

$P(H_i)$ — ймовірність появи особливої події, пов'язаної із загрозою.

Терміном $P(F)$ позначена повна ймовірність обвалення будівлі, яку слід обмежувати деяким соціально прийнятним значенням (у більшості норм $P(F) \approx 10^{-7}/\text{год}$).

Однією з основних проблем, з якою стикаються сучасні норми, — це те, що вони фокусують увагу на традиційному, історично виробленому відносно малому переліку загроз, які можуть впливати на будівлю (кліматичні та сейсмічні дії тощо). Сучасна будівельна практика показує зростання загроз, які історично не розглядалися як суттєві в процесі

проектування (наприклад, вибух або детонація) або виключалися швидше системою заходів безпеки ніж формальними конструкційними розрахунками.

Нескладно бачити, що зниження ймовірності настання непропорційного обвалення конструктивної системи може бути отримано зниженням або кожної окремої або всіх трьох ймовірностей, що входять у формулу (1). При цьому ймовірність $P(H_i)$ при проектуванні є незалежною. Вона може контролюватися об'ємно-планувальним рішенням або розміщенням будівлі, зниженням можливих ризиків всередині будівлі при організованих заходах безпеки, навчанням персоналу тощо. При реалізації таких заходів багато ризиків можуть бути ефективно відвернені (наприклад, терористичні або кримінальні атаки). Проектна стратегія, спрямована на забезпечення опору локального руйнування, зводиться до мінімізації ймовірності $P(D/H_i)$. Як було показано раніше, ця стратегія може бути важко реалізованою (у силу невизначеності величини особливих впливів), містити значні ризики або давати неекономічні результати.

Приймаючи ситуацію після реалізації локального обвалення $P(D/H_i)=1$, повна ймовірність $P(F)$ буде дорівнювати:

$$P(F)=P(F/DH_i)P(H_i), \quad (2)$$

Таким чином, задача проектування в особливій розрахунковій ситуації зводиться, головним чином, до мінімізації ймовірності. Ця стратегія повинна реалізовуватися в широкому діапазоні: від конструктивних заходів, спрямованих на створення нерозрізності і конструктивної цілісності системи, до повного розрахунку ушкоджень конструктивної системи з урахуванням ефектів, які не враховуються при традиційному проектуванні (наприклад, мембранні зусилля в перекриттях, великі деформації і переміщення, фізична і геометрична нелінійність).

У документах, що визначають правила проектування для запобігання прогресуючому обваленню, наприклад, "Рекомендації щодо захисту монолітних житлових будівель від прогресуючого обвалення", розроблені МНІИТЭП, НІИЖБ, ДБН В.2.2-24, вимоги для вирішення даної проблеми можна викласти таким чином.

1. Несуча конструктивна система житлових будинків повинна бути стійкою до прогресуючого (лавиноподібного, ланцюгового) обвалення в разі локального руйнування окремих конструкцій при

аварійних впливах (вибуху побутового газу, пожежі тощо).

2. Допускаються локальні руйнування окремих несучих конструкцій, але ці первинні руйнування не повинні призводити до обвалення сусідніх конструкцій, на які передається навантаження, що сприймалось раніше елементами, пошкодженими в результаті аварійного впливу.

3. Конструктивна система будинку повинна забезпечувати його міцність і стійкість, як мінімум на час, необхідний для евакуації людей. Переміщення конструкцій і розкриття тріщин в них не обмежуються.

4. Стійкість до прогресуючого обвалення перевіряється нелінійним розрахунком на особливе (аварійне) поєднання навантажень і впливів, у тому числі постійні, тривалі, короткочасні навантаження, а також вплив гіпотетичних локальних руйнувань несучих конструкцій.

Допускається в першому наближенні після визначення зони локального обвалення виконувати розрахунок конструкцій з урахуванням демонтажу зруйнованих елементів при знижених модулях пружності несучих елементів: вертикальних з коефіцієнтом — 0,6Е0, плит перекриття (покриття) — 0,3Е0.

5. Коефіцієнти надійності за навантаженням слід приймати за одиницю. За розрахункові характеристики матеріалів приймаються їх нормативні значення. Крім того, розрахункові опори множать на підвищувальні коефіцієнти умов роботи, що враховують малу ймовірність аварійних впливів і зростання міцності бетону після зведення будівлі, а також можливість роботи арматури за межею пружності. Така можливість введення поправочних коефіцієнтів до міцності матеріалу та модуля пружності на різних стадіях монтажу і демонтажу реалізована в розрахунковому процесорі ЛПРА-МОНТАЖ.

6. Рекомендується використовувати програмні комплекси (ПК), в яких реалізовано процедури розрахунку конструкцій з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності та процесів моделювання життєвого циклу (наприклад, такі як ЛПРА-СТЕП, ЛПРА-МОНТАЖ +, Динаміка +, ЛПРА-грунт, Варіація моделей тощо).

При реалізації розрахунків на прогресуюче обвалення необхідно брати до уваги умовність вихідних передумов, що полягає в наступному:

- відсутня достовірна інформація про місце і

причини виникнення процесу і характер його руйнування;

- реальні параметри граничних руйнівних характеристик матеріалів, як правило, відрізняються від умов міцності, прийнятих в нормах, тому в розрахункових комплексах, наприклад, таких як фізично-нелінійний ЛІРА-СТЕП, крім нормованих даних про матеріали (бетон, арматура), передбачається завдання довільних розрахункових значень параметрів міцності (в тому числі за результатами натурних спостережень).

Таким чином, у результаті чисельного моделювання можна отримати якісну оцінку характеристик стійкості конструкції по відношенню до прогресуючого обвалення, а також зіставити кілька можливих сценаріїв обвалення з метою виявлення слабких місць конструкції.

Оскільки передбачити всі можливі варіанти аварійних впливів неможливо, тому ключовим пунктом у розрахунках на аварійне обвалення є вибір і затвердження спільно з конструктором і замовником можливих сценаріїв обвалення, максимально наближених до реальних умов розташування об'єкта на місцевості, наприклад:

- при розташуванні поряд з транспортними шляхами розрахунок споруди виконується при видаленні крайніх колон;

- за наявності вертолітного майданчика розрахунок виконується на обвалення ділянки плити;

- за наявності у споруді або поруч газорозподільних станцій виконується розрахунок на вибух газу;

- при влаштуванні підпірних стін та інших захисних споруд розрахунок виконується на руйнування ділянки цих споруд. При цьому враховуючи вимоги ДБН В.2.2-24 (додаток Е), допускається руйнування окремих елементів на площі до 80м^2 :

- переріз видалених ЖБ елементів не повинен бути більше $0,9\text{м}^2$, що означає, що пілон перерізом $0,4 \times 2,3\text{м}$ не може бути повністю зруйнований;

- переріз видалених фібробетонних елементів повинен бути не більше $0,7\text{м}^2$;

- переріз видаленої жорсткої арматури не повинен бути більше 15%;

- перекриття висотної споруди має бути розраховане на сприйняття ділянки вище розташованого перекриття площею до 80м^2 з коефіцієнтом динамічності 1,5.

Оскільки у багатьох дослідження відзначається, що неможливо запроектувати і побудувати спо-

руду абсолютно безпечною і при цьому не враховувати вартість запобігання аварійним ситуаціям, необхідно прагнути вирішувати ці питання найбільш економічними способами, в тому числі:

- застосуванням раціональних конструктивно-планувальних рішень з урахуванням можливих аварійних ситуацій. Так, наприклад, в приміщеннях з газовим обладнанням — установленням газоаналізуючих датчиків і клапанів скидання можливого надлишкового тиску тощо;

- використанням спеціальних технічних рішень визначають вогнестійкість (достатній захисний шар бетону, застосування спеціальних покриттів конструкцій), забезпеченням сейсмічної стійкості споруди за рахунок застосування демфуючих пристроїв тощо;

- використанням матеріалів і конструктивних рішень, що забезпечують розвиток в елементах конструкцій і з'єднань пластичних деформацій;

- забезпеченням достатньої довжини анкерування арматури для її роботи як зв'язків при зсуві;

- забезпеченням мінімальної площі поздовжньої і поперечної арматури в покриттях і перекриттях, яка повинна бути не менше 0,25% від площі бетону.

При розрахунку будинків на сейсмічні впливи за ДБН В.2.2-24 і за синтезованими акселерограмами необхідно враховувати реальну фізично нелінійну роботу залізобетону з тріщинами, інакше при лінійному розрахунку ми отримуємо суттєво завищені зусилля в елементах конструкцій.

Розглянемо реальний приклад оцінки несучої здатності будівель при аварійних ситуаціях

1. Для проектного багатоповерхового житлового та громадського будинку ($H = +128\text{ м}$, H підвалу $= -14\text{ м}$) розглянуті варіанти:

- руйнування однієї з колон в середній проїзній частині будівлі;

- руйнування ділянки монолітної плити типового поверху.

У першому наближенні виконуємо розрахунок плити в лінійній постановці із заниженим модулем пружності $0,3E_0$ та додатковим навантаженням $0,75\text{тс/м}^2$ на площі 10м^2 від обвалення вищерозташованої плити. Оскільки отримане в цьому випадку армування (нижнє $= 15,7\text{см}^2$ (рис.4) перевищує прийняте в плиті нижнє армування — крок $100 \times 100 \varnothing 12\text{мм} = 11,31\text{см}^2$, — переходимо до перевірки плити у фізично нелінійній постановці (рис.1) .

У результаті нелінійного розрахунку отримані максимальні деформації плити складають — 60 мм. Схема розвитку тріщин у плиті наведена на рис 2.

При нелінійному розрахунку плити розрив арматури і лавиноподібного зростання деформацій плити не зафіксовано, тому можна зробити висновок, що повного руйнування плит за даною схемою армування не буде.

Щодо конструктивних рішень, які можуть зменшити ймовірність обвалення конструктивної системи за умови, що відбудеться локальне руйнування окремого елемента при реалізації особливої події, то одним з найбільш раціональних та практичних методів є додавання до всієї конструкції аутригерних поверхів.

Особливістю цієї конструкції є те, що вона збільшує загальну жорсткість будівлі. Це досягається розміщенням на певному поверсі просторових ферм, які з'єднують ядро жорсткості з зовнішнім периметром колон.

При такому підході важливим фактором є розташування аутригерного поверху.

Для кожної будівлі розташування "жорсткого" поверху визначається окремо в залежності від його архітектурних та геометричних властивостей, але найбільш доцільним розташуванням є від 2/5 до 3/5 від висоти всієї будівлі при додаванні одного такого поверху.

При порівнянні моделей багатоповерхового будинку з жорстким поверхом та без нього загальна жорсткість будівлі зростає, що позитивно впливає на здатність цього будинку витримувати прогресуюче обвалення.

Колони є ключовими елементами будівель і споруд каркасного типу. При регулярній сітці осей руйнування колони призводить до збільшення прольоту конструкції над зруйнованою колоною в два рази. Момент в перетині конструкції над зруйнованою колоною може зрости до чотирьох разів. Прямий підхід до захисту таких конструкцій від прогресуючого обвалення, описаний в різних нормативних документах, в тому числі і зарубіжних [3, 4], призводить до збільшення витрати арматури в згинальних елементах в 2,5 — 3 рази. Беручи до уваги те, що неможливо заздалегідь знати місце первісного руйнування, збільшення армування всіх згинальних елементів в 2,5 рази призведе до значного подорожчання вартості будівництва. Таке рішення не раціональне.

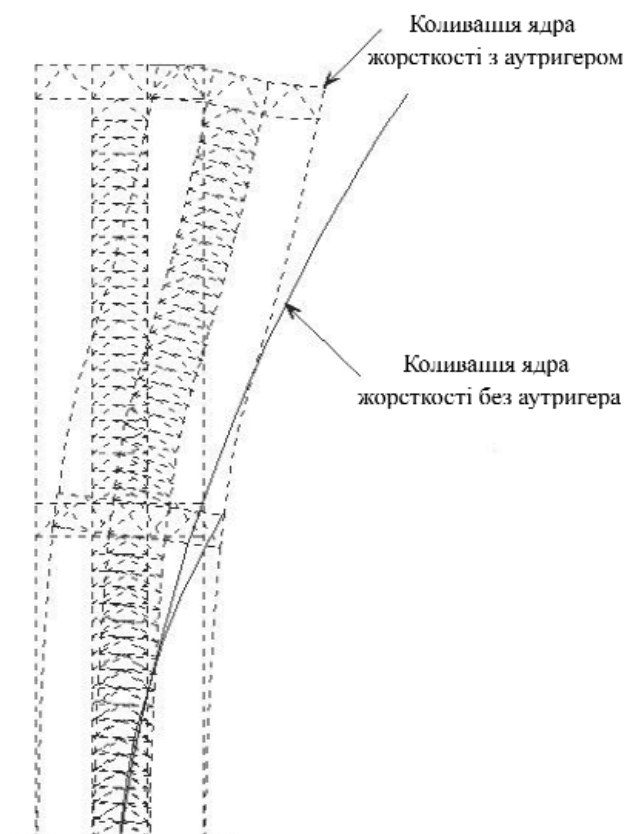


Рис. 4. Порівняльна схема загальної жорсткості будинку з аутригерним поверхом та без нього

Як спосіб, що дозволяє захистити каркасні будівлі від обвалення без значного збільшення витрат матеріалів, пропонується використання жорстких блоків (аутригерних поверхів) по висоті будівлі. Такі блоки можуть бути суміщені, наприклад, з технічними поверхами висотних будівель. Колони каркаса при цьому слід розраховувати не тільки на відцентровий стиск при їх нормальній роботі, але і на розтяг, що виникає під час надзвичайної ситуації. Це можливо, тому що при розрахунку на прогресуюче обвалення не враховуються деформації елементів, а, отже, можна враховувати роботу арматури колони аж до досягнення в ній значень напруг, рівних тимчасовому опору сталі розтягання. У такому випадку стіни жорсткого блока починають працювати як балки-стілки, сприймаючи зусилля від розтягнутої колони, а перекриття поверхів виявляються підвішеними. Такий підхід дозволяє значно знизити обсяг руйнування конструкцій (рис. 3).

Таким чином, ретельний розрахунковий аналіз дозволяє розкрити додаткові резерви несучої здатності при певних конструктивних заходах, що вимагають лише невеликого збільшення матеріа-

ломісткості, і можна забезпечити стійкість до прогресуючого руйнування. Ще раз потрібно відзначити, що при стійкості до прогресуючого руйнування завжди мається на увазі тільки локальне пошкодження. Його визначення, безумовно, залежить від типу конструкцій. Характер локальних пошкоджень може бути визначений в регламентуючих документах, а для конкретних відповідальних споруд, що не мають аналогів, визначений проектувальником і погоджений із замовником. У всякому разі, проектувальник завжди повинен думати про те, що трапиться, якщо з яких-небудь причин вийде з ладу якийсь елемент (не обов'язково найвідповідальніший) проектованою ним конструкції.

У висновку слід зазначити, що забезпечення стійкості конструкції до прогресуючого руйнування є частиною загальної проблеми живучості споруди. До цього відноситься проблема вогнестійкості несучих конструкцій, а також проблема задоволення вимог сейсмостійкості навіть у разі будівництва важливих споруд у сейсмічному районі. І навіть якщо загроза землетрусу недостатньо велика, було б доцільно використовувати підходи, характерні для забезпечення стійкості до прогресуючого руйнування, тобто допускаючи втрату експлуатаційних якостей, не допускати обвалення конструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городецкий О.С., Барабаш М.С. Исследование вопросов живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях. *Научно-технический журнал: Нові технології в будівництві*, 2010. — №2(20) — С.19 — 23.

2. Ellingwood, B. R. *Load and Resistance Factor Criteria for Progressive Collapse Design* / B. R. Ellingwood // *Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA*, 2005.

4. Ellingwood, B. R. *Approaches for Design against Progressive Collapse* / B. R. Ellingwood, E. V. Leyendecker // *J. Struct. Div., ASCE* 104 3); 1978.- P. 413-423.

5. Ellingwood, B. R. *Acceptable risk bases for design of Structures* / B. R. Ellingwood // *Progress in Struct. Engrg. and Mat.* — 2001. — 2). — P. 170-179.

6. ДБН В.2.2-24:2009 "Проектування висотних житлових і громадських будинків". Мінбуд України, 2009

7. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Норми проектування* : ДБН В.1.2-14-2009. — К.: Мінбуд України, 2009

8. Барабаш М.С., Мисливець К.М. Аналіз надійності висотної будівлі з урахуванням ризику прогресуючого обвалення. *Науково-виробничий журнал "Будівництво України"*, 2010. — №5 — С. 37 — 41.

9. *Навантаження і впливи. Норми проектування* : ДБН В.1.2 — 2:2006. — К.: Мінбуд України, 2006.

10. Перельмутер, А. В. О нормировании уровня риска / А. В. Перельмутер // *Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт.* — № 2/14(530), апрель-июнь 2007 г. — С. 160-169.

АННОТАЦИЯ

В статье приведена классификация возможных типов прогрессирующего обрушения, проанализированы признаки прогрессирующего обрушения, определена вероятность разрушения конструктивной системы при наступлении особой ситуации, предложены методы минимизации вероятности прогрессирующего обрушения.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, запредельное состояние, непропорциональное обрушение, локальное разрушение, надежность конструкций

ANNOTATION

The article gives a classification of possible types of progressive collapse, analyzed signs of progressive collapse, the probability of failure is defined in structural system upon the occurrence of the special situation, propose methods of minimizing the probability of progressive collapse.

Keywords: progressive collapse, beyond boundary condition, disproportionate collapse, local destruction, the reliability of structures

УДК 624.01

*Я. О. Слободян, д.т.н., проф.;**О. В. Мельничук, НУ "Києво-Могилянська академія";**М. І. Ільїн, НУ "Києво-Могилянська академія",
Фізико-технічний інститут НТУУ "КПІ"***ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ
ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬ
ТА СПОРУД****АНОТАЦІЯ**

В роботі розглянуто високопродуктивні інформаційні технології для задач аналізу напружено-деформованого стану на етапах життєвого циклу будівель та споруд. Традиційну реалізацію для систем з розподіленою пам'яттю в ПК LIPA Cluster порівняно з експериментальними додатками LIPA Grid та LIPA Grid GPGPU. Виділено рекомендації щодо застосування запропонованих технологій в навчальному процесі.

Ключові слова: паралельні обчислення, кластер, ґрид, МСЕ, модель.

**Предмет дослідження
та постановка задачі**

Підвищення адекватності комп'ютерного аналізу життєвого циклу будівель та споруд, як правило, супроводжується експоненційним ростом вартості досліджень. Тому розроблення та застосування нових високопродуктивних технологій паралельних (кластерних, суперкомп'ютерних) та розподілених (ґрид) обчислень у контексті підвищення адекватності з одночасним зниженням вартості аналізу характеристик будівельних споруд предсталає актуальну наукову проблему.

Підхід до організації досліджень

Найбільш перспективним напрямком досліджень є гібридні моделі, що поєднують відносно дешеві результати комп'ютерного моделювання та високу точність завдяки здатності асимілювати широкий спектр спостережуваних характеристик елементів конструкцій. Унікальною властивістю моделей даного класу є можливість дослідження реакції будівель на аномальні явища природного та техногенного походження, натурні експеримен-

ти для яких неможливі з економічних або технічних причин. Серед прикладів таких явищ слід відзначити сейсмічні процеси на території України.

З математичної точки сучасні гібридні моделі використовують дискретизовані за методом скінченних елементів (МСЕ) представлення будівельного об'єкта та зводяться до систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) великої розмірності. Так, у роботі [1] наведено типовий приклад моделі висотної будівлі, що містить 10^6 скінченних елементів та зводиться до СЛАР порядку $5 \cdot 10^6$. Задача обчислювально складна, ефективність її розв'язання визначає доцільність проведення аналізу з використанням даних моделей.

У роботі представлено результати досліджень ефективності застосування високопродуктивних технологій паралельних та розподілених обчислень (ПРО) для аналізу напружено-деформованого стану споруд. Запропоновано підхід до інтеграції даних моделювання екстремальних станів навколишнього середовища на прикладі сейсмічних процесів на території України. При програмній реалізації досліджуваних технологій використано ПК LIPA Cluster [2], ґрид та експериментальні розширення ПК LIPA Grid для відеокарт (технології general-purpose computation on graphics processing units, GPGPU).

Опис реалізації

В якості еталонного рішення приймемо паралельну реалізацію ПК LIPA Cluster [2]. Для розв'язання СЛАР використовується паралельний метод виключення Гауса, алгоритм для систем з розподіленою пам'яттю, реалізація на базі MPI. Комерційна версія комплексу поставляється в комплекті з кластерами сімейства INPARCOM [2], що зумовлює високу сумарну вартість рішення.

Для наукових, некомерційних та академічних застосувань розроблено версію ПК LIPA Grid, що використовує ресурси Українського національного ґриду (УНГ). Використання ресурсів УНГ дозволяє знизити вартість моделювання завдяки відсутності необхідності підтримки власної кластерної інсталяції. Паралельна реалізація виключення Гауса така як у кластерній версії [2].

Для академічних застосувань запропоновано реалізацію солвера на базі графічних процесорів архітектури CUDA (Compute Unified Device Architecture, яку представлено графічними прис-

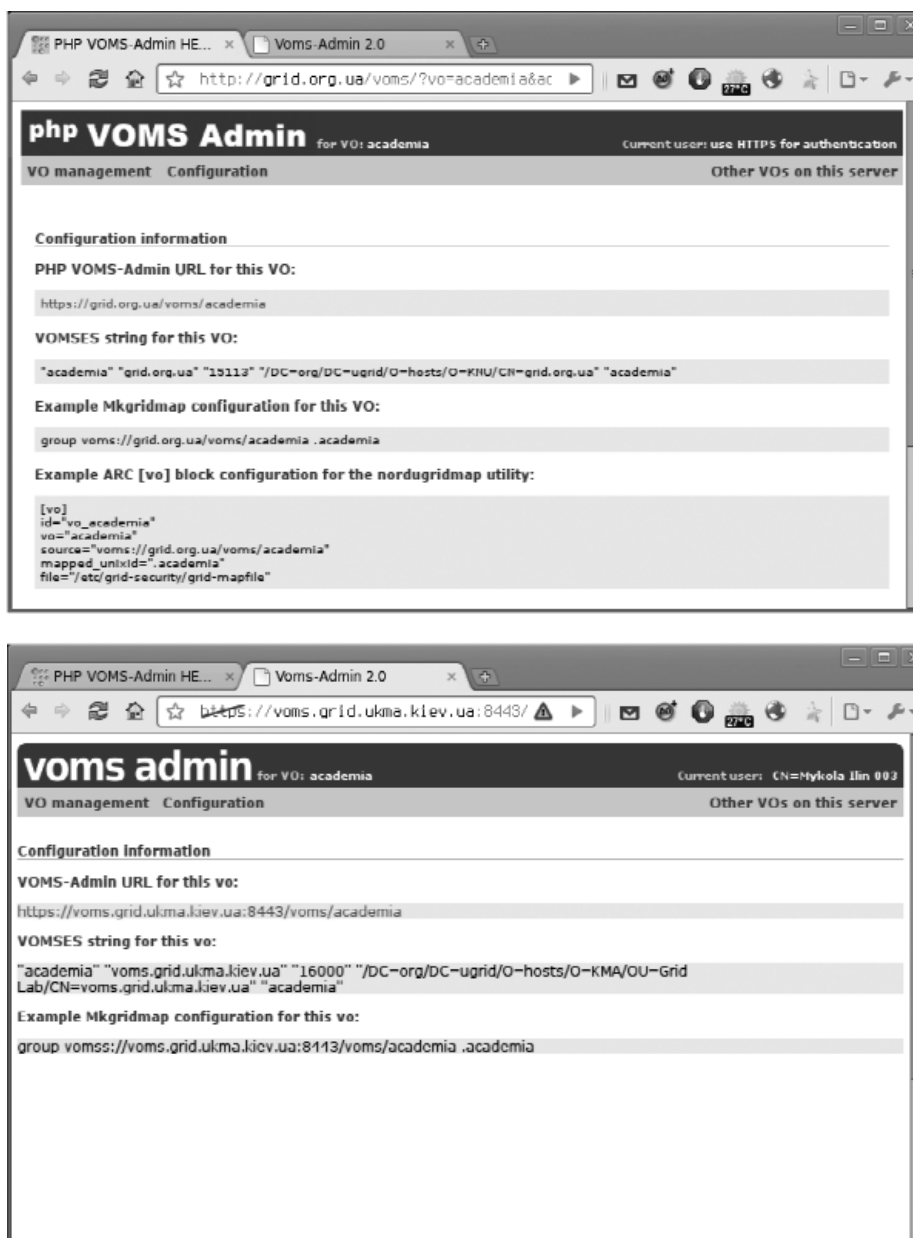


Рис. 1. Дослідницькі ресурси, що підтримують запропоновані в роботі технології

корювачами Nvidia Geforce восьмого покоління та вище). Для розв'язання СЛАР використовується ітераційний метод — стабілізований алгоритм біспряжених градієнтів (BiCGSTAB), реалізація якого підтримується Nvidia в бібліотеці математичних підпрограм для задач лінійної алгебри з розрідженими матрицями CUSP [3]. Попередні експериментальні оцінки для відеокарти середнього класу Nvidia GeForce 9600M GT демонструють час виконання, в 17 разів менший за вузол кластеру НТУУ "КПІ" 2xIntel Xeon 5160 3.00 ГГц.

Враховуючи низьку вартість GPGPU рішень та наявність в УНГ промислових ресурсів на графічних процесорах [4], можна стверджувати про

високу комерційну привабливість даної розробки.

Велика кількість розроблених версій ПК ЛІРА та традиційна орієнтованість комплексу на зручність для кінцевого користувача зумовлює необхідність уніфікації інтерфейсу реалізацій. В якості основи пропонується використати абстракцію обчислювальної гріди інфраструктури. Уніфікований інтерфейс на базі ARC 0.8 в ПК ЛІРА Grid [1] є прикладом реалізації запропонованого підходу.

Масштабованість запропонованих рішень та супутні зауваження

Переваги переходу від традиційних кластерних до гріди технологій проілюструємо прикладом

інтеграції даних оцінок поля резонансних частот на території будівельної конструкції за результатами сейсмічного аналізу. Провідною організацією, яка надає дані необхідної часової та просторової точності, є Інститут геофізики НАНУ. Інтеграція різномірних форматів накопичених даних всеукраїнської мережі станцій сейсмічного моніторингу на базі власних ресурсів ІГ НАНУ та публікація результатів для використання в дослідженнях на базі УНГ робить можливим попередній аналіз сейсмічної стійкості будівель без затримок внаслідок людського фактора замовлення підготовки вибору історичних сейсмічних даних.

Розробка та використання високопродуктивних технологій на практиці вимагає високої кваліфікації спеціалістів-користувачів. Досвід показує, що інтеграція реальних науково-дослідних робіт з ґрид технологій та аналізу міцності будівель у базові навчальні курси вишів дозволяє отримати досить високу якість підготовки профільних спеціалістів із застосувань високопродуктивних технологій навіть в гуманітарних університетах, таких як Національний університет "Києво-Могилянська академія". Так, запропоновані в даній роботі технології розроблені та підтримуються на базі навчальних ґрид ресурсів НаУКМА, віртуальна організація (ВО) УНГ Academia (рис. 1). На момент підготовки публікації ВО об'єднує ресурси провідних кластерів України — НТУУ "КПІ", ІК НАНУ, ДНВП "Електронмаш", НаУКМА тощо. Реєстрація та використання запропонованих в даній роботі технологій є безкоштовними для некомерційних, наукових та академічних застосувань.

Висновки

Для задач аналізу життєвого циклу будівель та споруд оцінено ефективність застосування технологій високопродуктивних обчислень. Порівнювались переваги традиційних кластерних, ґрид та обчислень на графічних процесорах (GPGPU) для розв'язання розріджених СЛАР, що виникають в результаті застосувань методу скінченних елементів для дослідження стану будівель та споруд. Розглянуто реалізацію досліджуваних технологій в ПК ЛІРА та рекомендації щодо можливостей застосувань у навчальному процесі вишів.

Подальші напрямки досліджень пов'язані з адаптацією GPGPU реалізації для використання в дослідженнях статичних та динамічних наванта-

жень на будівлі та споруди та автоматизації інтеграції сейсмічних даних в додаток ЛІРА Grid.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слободян Я.О. *Эффективность ґрид технологий в расчетах высотных сооружений* / Я.О. Слободян, Н.И. Ильин, А.В. Мельничук, В.П. Максименко // *Проблемы программирования*. 2-3, 2010. — С.567-572
2. Химич А.Н. *Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком* / Химич А.Н., Городецкий А.С., Слободян Я.Е. и др. — К.: Наукова думка, 2007. — 216 с.
3. Bell N. *CUSP: Generic parallel algorithms for sparse matrix and graph computations* / N. Bell, M. Garland. — <http://code.google.com/p/cusp-library/>. — 2009.
4. Велес А.О. *GPU-кластер ГАО НАНУ. Характеристики, результаты работы, перспективы* / А.О. Велес // *Робоча нарада "Український академічний ґрид-09"*. — 8-9 жовтня 2009.

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются высокопроизводительные информационные технологии для задач анализа напряженно-деформированного состояния на этапах жизненного цикла зданий и сооружений. Традиционная реализация для систем с распределенной памятью в ПК ЛІРА Cluster сравнивается с экспериментальными реализациями ЛІРА Grid и ЛІРА Grid GPGPU. Даны рекомендации по применению предложенных технологий в учебном процессе.

Ключевые слова: параллельные вычисления, кластер, ґрид, МКЭ, модель.

ANNOTATION

In this paper we describe high-performance computing implementation of methods for buildings strength analysis and lifecycle modeling. Traditional distributed memory implementation of production-grade software PC LIRA Cluster has been compared with experimental LIRA Grid and LIRA Grid GPGPU versions. Considerations for modern high performance computing education in buildings analysis are given.

Keywords: parallel computing, cluster, ґрид, FEM, model.

УДК 691.5, 961.333

*І.М. Павлюк, КНУБА***ДИСПЕРСНОАРМОВАНІ ДРІБНОЗЕРНИСТІ
БЕТОНИ З ПОКРАЩЕНИМИ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ
ЗОЛОЦЕМЕНТНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН****АНОТАЦІЯ**

Розроблено дисперсноармовані дрібнозернисті бетони на основі модифікованих золоцементних в'язучих речовин, що містять у своєму складі не менше 55 мас.% золи-винесення. Досліджено експлуатаційні та технологічні властивості розроблених в'язучих речовин та бетонів на їх основі.

Ключові слова: дрібнозернистий бетон, зола, модифіковані золоцементні в'язучі речовини.

Останній часом у будівництво активно впроваджуються багатокомпонентні дрібнозернисті бетони. Раніше їх використання стримувалось деякими особливостями структури та властивостей. Наприклад, застосування як заповнювача нефракціонованого піску призводило до значного збільшення пустотності та до погіршення фізико-механічних властивостей отриманих бетонів. При виготовленні суміші заданої рухливості та однорідної структури витрати води та цементу збільшувались на 15...25% порівняно із бетоном на крупних заповнювачах. Це в свою чергу призводило до зростання усадки. В сучасних умовах з'явилися нові техніко-технологічні можливості, які дозволили звести до мінімуму підвищення витрат води та цементу у дрібнозернистих сумішах та значно знизити усадку матеріалу, отримуючи навіть безусадкові бетони [1].

До переваг дрібнозернистої структури відносять: можливість створення тонкодисперсної однорідної високоякісної структури без крупних зерен, високу тискотропію та здатність трансформації бетонної суміші, високу технологічність — можливість формування конструкцій і виробів способом лиття, екструзії, пресування, штампування, набризку тощо, можливість широкого застосування сухих сумішей із гарантією високої якості.

Розвиток сучасного суспільства потребує застосування нових ефективних будівельних ма-

теріалів, виготовлення яких передбачає мінімальну витрату природних та енергетичних ресурсів, зокрема і дрібнозернистих бетонів. Собівартість дрібнозернистого бетону перш за все визначається видом цементу та його кількістю у складі матеріалу. Зниження вартості дрібнозернистого бетону та конструкцій на його основі можливе за рахунок використання багатокомпонентних цементів. У світі постійно збільшується об'єм виготовлення та використання зазначених цементів, які містять у своєму складі відходи паливно-енергетичного комплексу, що представлені золами ТЕС [2-4]. Однак зростання кількості золи у складі в'язучих призводить до зниження міцності, морозостійкості, стиранистості та інших показників якості в'язучих речовин та бетонів на їх основі, тому використання таких відходів обмежується 10...55 мас.% [5]. Підвищити вміст золи у складі в'язучих речовин та покращити їхні фізико-механічні властивості можливо за рахунок наповнення матриці в'язучої системи мінеральними добавками різної природи і фракційного складу [6]. При цьому не тільки покращуються міцнісні і деформаційні характеристики, але є можливість направлення формування мікро- і макроструктури цементного каменю, а також суттєво розширюється сировинна база будівельного комплексу за рахунок використання матеріалів, що є в Україні. Також відомо, що складовою забезпечення та покращення властивостей дрібнозернистого бетону є використання хімічних модифікуючих добавок (зокрема пластифікаторів), вибірковість дії яких по відношенню до цементів із мінеральними добавками обумовлює актуальність висвітлення в даній роботі можливостей оптимізації складу модифікованих золоцементних композицій та дрібнозернистих бетонів за критеріями міцності, морозо-, атмосферо- та корозійної стійкості.

Авторами розроблені склади дрібнозернистих бетонів на основі модифікованих золоцементних композицій, що містять у своєму складі максимальну кількість золи та не відрізняються за своїми технологічними характеристиками від матеріалів, отриманих на основі чистого портландцементу і можуть бути виготовлені за технологією сухих будівельних сумішей.

Були вирішені наступні задачі:

- розробка та оптимізація складів в'язучих речовин, модифікованих сульфатно-карбонатними добавками;

- розробка та оптимізація складів дрібнозернистого бетону, отриманого на основі модифікованих золоцементних композицій;

- досліджено фізико-механічні та спеціальні властивості дрібнозернистого бетону, отриманого за технологією сухих будівельних сумішей на основі модифікованих золоцементних композицій.

Для виготовлення золоцементної в'язучої речовини використовували: портландцемент ПЦ-І М500 ВАТ "Волиньцемент", золу — винесення Ладизинської ТЕС, гіпсовий ангідрид, отриманий шляхом випалювання гіпсового каменю Артемівського родовища та крейду Білгородського родовища. Для покращення легкоукладальності, підвищення пластичності суміші, зменшення водопотреби, а також покращення міцнісних показників до складу в'язучої речовини вводили сульфатвмісний суперпластифікатор С-3 в кількості 0, 75 мас.%. Для приготування дрібнозернистого бетону на основі розробленої в'язучої речовини застосовували фракціонований дніпровський пісок та гранвідсів Рокитнянського родовища. Як пластифікуючі добавки використовували пластифікатори на основі полікарбоксилатів (торгових марок "Melflux" і "Sika") та на основі сульфатвмісних нафталінформальдегідних поліконденсатів (торгової марки С-3).

Була вивчена доцільність модифікування золоцементних композицій сульфатними та карбонатними добавками за критеріями міцності цементного каменю при витраті портландцементу в межах 20...40 мас.%.

Підтверджено, що при гідратації золоцементних в'язучих систем, активованих добавкою випаленого гіпсового каменю, найбільший ефект, пов'язаний зі зростанням міцності на всіх етапах твердіння, досягається при використанні добавки в кількості 10 мас.%. Модифікація золоцементних композицій сульфатною добавкою обумовлює зростання міцності штучного каменю у віці: 2 діб на 14,24; 25,0 та 35,47%; 7 діб на 83,18; 43,6 та 40,6%; 28 діб на 75,5; 41,6 та 31,5% відповідно при використанні у складі в'язучої композиції цементу 20; 30 та 40 мас.%. Активація золоцементних в'язучих систем карбонатною добавкою сприяє максимальному зростанню міцності при використанні крейди у кількості 6 мас.% при витраті 20...30 мас.% портландцементу. Модифікація золоцементних композицій карбонатною складовою обумовлює зростання міцності штучного каменю у віці: 2 діб на 18,6...20%; 7 діб на 105,12...45,3%; 28

діб на 86,6...29,99% відповідно. При витраті портландцементу 40мас.%, оптимальна кількість карбонатної добавки становить 9 мас.% і обумовлює зростання міцності штучного каменю у віці: 2 діб на 33,3%; 7 діб на 56,63%; 28 діб на 43,5%.

Доведено позитивний вплив комплексної модифікації золоцементної композиції сульфатними та карбонатними добавками, вивчено фазовий склад новоутворень штучного каменю. Встановлено, що при одночасній модифікації золоцементної композиції синтез міцності забезпечується за рахунок утворення у складі продуктів гідратації на ранніх стадіях твердіння еtringіту та його аналогів із вмістом карбонатної та залістної складової. Зростання міцності після 28 діб твердіння забезпечується синтезом у складі продуктів гідратації низькоосновних гідросилікатів кальцію та твердих розчинів на основі еtringіту. У продуктах твердіння штучного каменю на пізніх етапах гідратації присутні також новоутворення типу скаутиту, епістільбіту та сполуки перемінного складу, подібні до гідрогранатів.

Кінетику нарощування міцності модифікованої золоцементної композиції оптимального складу та складів порівняння наведено на рис.1.

Аналіз графічних залежностей зміни міцності модифікованої золоцементної суміші свідчить, що комплексне введення сульфату і карбонату кальцію в досліджувану систему дозволяє отримувати композиції, які характеризуються високою швидкістю структуроутворення на ранніх етапах гідратації та практично не відрізняються за показниками міцності від композицій на основі чистого портландцементу. Стабільність нарощування міцності спостерігається і на пізніх етапах твердіння, причому міцність композицій знаходиться в межах 70...80 МПа (рис. 1).

Наявність у складі продуктів гідратації новоутворень гідросульфоалюмінатного типу та присутність в його складі активних мінеральних добавок з одного боку, а з іншого - контакт цементного каменю з навколишнім середовищем може викликати появу у твердіючих системах небезпечних сполук (типу таумаситу), синтез яких призведе до виникнення напружень у структурі бетону та його руйнування.

Була також досліджена стабільність твердих розчинів на основі еtringіту та можливість утворення таумаситу при гідратації модифікованих золоцементних композицій. Для цього вивчали

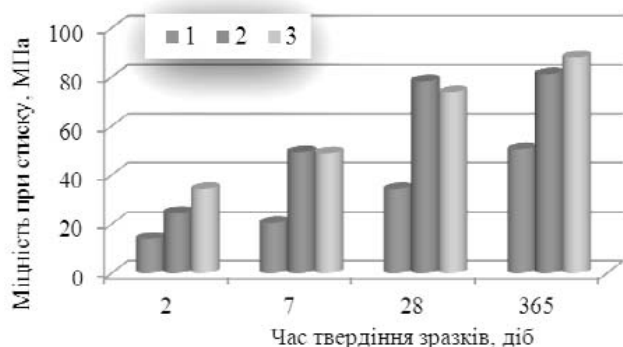


Рис. 1. Кінетика нарощування міцності цементного каменю на основі зола-цементних композицій, що містили 30 мас.% портландцементу та 70 мас.% золи (1), модифікованої композиції з вмістом 30 мас.% портландцементу, 56 мас.% золи, 8 мас.% сульфатної добавки та 6 мас.% карбонатної добавки (2) та складу порівняння на основі бездобавочного портландцементу (3)

вплив високодисперсних кремнеземистих добавок на фазовий склад продуктів гідратації модифікованих золацементних композицій при їх твердінні в різних температурних умовах (від $+3^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$). Отримані результати свідчать про відсутність таумаситу в складі продуктів гідратації, а фазовий склад новоутворень представлений твердими розчинами. Кінетику нарощування міцності зразків штучного каменю на основі модифікованих золацементних композицій з добавкою мікрокремнезему наведено на рис.2.

Аналіз графічних залежностей зміни міцності (рис. 2) свідчить про те, що зниження температури тверднення негативно впливає на ранній набір міцності штучного каменю, отриманого на основі розробленої в'язучої речовини, однак при нас-

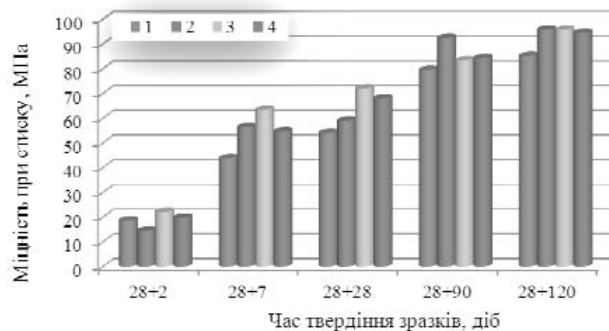


Рис. 2. Кінетика нарощування міцності зразків на основі чистого портландцементу (1) та золацементних композицій, що містять 30 мас.% портландцементу, 6 мас.% крейди і 8 мас.% ангідриду (2) та з добавкою мікрокремнезему у кількості 3 мас.% (3) і 5 мас.% (4) після 28 діб тверднення за температури $+3\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ та наступного витримування за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 2, 7, 28, 90 та 120 діб

танні сприятливих умов прискорюються всі процеси кристалізації і зразки інтенсивно набирають міцність.

В подальшому підібрано оптимальний склад дрібнозернистого бетону на основі модифікованих золацементних в'язучих речовин, що відповідає складу сухих будівельних сумішей (ДСТУ П Б В.2.7-126). Випробування проводили на зразках-балочках розміром $4\times 4\times 16$ см. Зразки готували із суміші необхідної консистенції (осідання стандартного конуса 8...9 см). Склад в'язучих речовин та дрібнозернистих бетонів наведено у табл. 1.

При введенні пластифікатора на основі полікарбоксилатів торгової марки "Melflux" приріст міцності на ранніх етапах гідратації (3...7 доба) становить — 3,5...52,4%, а у проектному віці досягає лише 8,8...70,2%. Застосування пластифікуючих добавок, що містять у своєму складі сульфатні групи, дозволяє підвищити міцність на 3,5...129% у віці 3...7 діб та на 20,1...128,8% через 28 діб твердіння.

Міцність розчину на основі золацементної композиції (склад №8 табл.1), модифікованої добавкою "Sika" у кількості 0,5 мас.% у проектному віці становить 24,6 МПа, тоді як міцність базового складу без пластифікуючих добавок складає 7,5 МПа. Отримані результати свідчать про позитив-

Таблиця 1. Склад в'язучих речовин та дрібнозернистих бетонів на основі модифікованої золацементної в'язучої речовини

№ складу	Витрата компонентів, мас.%										
	портланд-цемент	зола-вищесіна	вищесіна	гіпс	крейда	заповнювач			суперпластифікатори		
						кварцовий пісок		гранвідсів 0,63-2,0	Melflux	С-3	Sika
1	20	11	-	-	-	28,4	25,6	15	-	-	-
2	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	-	-	-	
3	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	0,1	-	-	
4	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	0,5	-	-	
5	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	-	0,4	-	
6	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	-	0,8	-	
7	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	-	-	0,1	
8	10	19,2	1,2	0,6	28,4	25,6	15	-	-	0,5	

ний вплив пластифікуючих добавок на приріст міцності штучного каменю, отриманого на основі розроблених в'язучих речовин. Приріст міцності бетонів, модифікованих пластифікуючими добавками, можна пояснити за рахунок утворення більш щільної структури цементного каменю та прискореного синтезу кристалогідратних новоутворень у стиснених умовах порівняно з бездобавочними системами [7].

Отже, оптимальним за критеріями достатньої міцності у проектному віці серед розроблених бетонів можна вважати склад №8 (табл. 1).

Для покращення експлуатаційних властивостей розроблених дрібнозернистих бетонів вивчено вплив поліпропіленової фібри на кінетику нарощування міцності штучного каменю на основі композиційного цементу, модифікованого добавкою полікарбоксилатного типу торгової марки "Sika". Встановлено, що максимальної міцності при стиску (27,0 МПа) та згині (5,1 МПа) у проектному віці досягають дисперсноармовані дрібнозернисті бетони, модифіковані фіброю у кількості 0,14 мас.% з довжиною волокон 12 мм, що забезпечує отримання бетонів, пористість яких не перевищує 5%, а водопоглинання — 4 мас.%.

Вивчено довговічність розроблених складів бетонів шляхом дослідження їх кінетики набору міцності (табл.2), зносо-, морозо-, атмосферо- та корозійної стійкості. Встановлено, що введення сульфатно-карбонатної добавки до складу золоцементних систем сприяє більш рівномірному набору міцності бетонів на всіх етапах тверднення. Приріст міцності зразків модифікованого бетону становить: у віці 7 діб — 105,88%, у віці 28 діб — 141,17% та у віці 90 діб — 117,53%, значення міцності при стиску — відповідно 8,05 МПа, 24,6 МПа та 33,5 МПа.

Розроблені дрібнозернисті бетони на основі модифікованих золовмісних в'язучих речовин відрізняються більш щільною та однорідною структурою штучного каменю, про що свідчить зниження показників стиратності бетонів на основі модифікованих систем на 50% та на 54,8% для дисперсноармованого бетону порівняно з бездобавочними композиціями відповідно. Використання дисперсного армування дозволяє на 22,2% підвищити

Таблиця 2. Кінетика зміни міцності розроблених складів дрібнозернистих бетонів на основі модифікованих золоцементних в'язучих речовин

Витрата компонентів на 1т суміші, мас.%						Міцність на $\frac{\text{згин}}{\text{стиск}}$, МПа, після твердіння, діб				
портланд-цемент	зола	сульфатна добавка	карбонатна добавка	заповнювач	фібра (попад 100%)	3	7	28	90	365
20	11	-	-	69	-	$\frac{3,52}{13,86}$	$\frac{4,62}{22,6}$	$\frac{5,12}{33,4}$	$\frac{5,62}{36,4}$	$\frac{6,62}{38,6}$
10	21	-	-	69	-	$\frac{0,31}{2,44}$	$\frac{1,24}{3,91}$	$\frac{2,69}{10,2}$	$\frac{3,62}{15,4}$	$\frac{3,82}{18,4}$
10	19,2	1,2	0,6	69	-	$\frac{1,0}{5,53}$	$\frac{1,79}{8,05}$	$\frac{4,51}{24,6}$	$\frac{5,12}{33,5}$	$\frac{5,62}{43,4}$
10	19,2	1,2	0,6	69	0,14	$\frac{3,6}{10,4}$	$\frac{4,35}{17,69}$	$\frac{5,1}{27,0}$	$\frac{6,62}{45,4}$	$\frac{6,5}{46,2}$

Примітка. Усі склади модифіковані пластифікатором торгової марки "Sika" у кількості 0,5% від маси в'язучої речовини

здатність розробленого бетону до стиратності, тоді як його відсутність — лише на 13,8% порівняно із дрібнозернистими бетонами на основі портландцементу.

Після 100 циклів випробування на морозостійкість зразки бетону на основі золоцементних композицій, модифікованих сульфатно-карбонатними добавками, підвищують міцність на 16...33%. Це свідчить про продовження процесів гідратації в'язучої речовини та можливість отримання бетонів із більш високою морозостійкістю (F200 і вище).

У процесі дослідження атмосферостійкості розроблених складів на основі модифікованих в'язучих речовин встановлено стабільний приріст міцності на 13...15% після 350 циклів напівремінного зволоження та висушування зразків дрібнозернистого бетону, що свідчить про продовження процесів структуроутворення у штучному камені та дозволяє прогнозувати високі експлуатаційні властивості розроблених матеріалів.

Для реалізації технології комплексної переробки золи з метою отримання композиційних матеріалів із підвищеними експлуатаційними характеристиками на основі технологій, розроблених в КНУБА та ДНДІВМ, ТОВ "АЛІТ-БУД" було виготовлено партію дрібнозернистого дисперсноармованого бетону за технологією сухих будівельних сумішей на основі розробленої золоцементної в'язучої композиції, модифікованої сульфатними

Таблиця 3. Витрата компонентів на 1т сухої суміші для отримання дрібнозернистого бетону, придатного для виготовлення стяжок Ц.І.СТЗ згідно з ДСТУ П Б В.2.7-126

Компоненти	Витрата вихідних компонентів на 1 т дрібнозернистого бетону (т) на основі	
	портландцементу	модифікованої золюцементної композиції
Портландцемент ПЦ-І М500	0,27	0,081
Крейда ММС-І	-	0,00162
Гіпсовий ангідрид	-	0,00216
Зола-виношення	0,15	0,31
Пісок	0,327	0,327
Гранвідсів	0,25	0,25
Суперпластифікатор	0,001	0,001
Водоутримуюча добавка	0,001	0,001
Піногасник	0,001	0,001
Поліпропіленова фібра	-	0,6

та карбонатними добавками, яка містила у своєму складі: 58 мас.% золи-виношення, 30% портландцементу, 6% карбонату кальцію (крейда) та 6 мас.% ангідриду кальцію. Дрібнозернистий дисперсноармований бетон готували на технологічній лінії з виготовлення сухих будівельних сумішей шляхом сумісного перемішування вихідних компонентів у змішувачі типу СМС-1. Фібру до змішувача подавали вручну, оскільки на лінії не передбачено обладнання для її дозування і подавання в автоматичному режимі. Витрату компонентів, необхідних для виготовлення сухої суміші дрібнозернистого бетону, наведено у табл. 3.

Після виготовлення дрібнозернистого бетону для вивчення його експлуатаційних властивостей та можливості застосування при влаштуванні стяжок на основі запропонованого матеріалу було виготовлено серію зразків-балочок розміром 4x4x16 см, що зберігались за температури +18°C і вологості 55% та проведено випробування їх експлуатаційних властивостей. Результати досліджень представлені в табл. 4.

Проведені дослідження технологічних та експлуатаційних характеристик запропонованих дрібнозернистих бетонів для влаштування підлог підтверджують ефективність заміни портландцементу на композиційний цемент. Застосування розробленої в'язучої речовини

у складі дрібнозернистого бетону дозволяє зменшити витрату портландцементу, не погіршуючи властивостей, покращити адгезію, легкоукладальність та підвищити такі фізико-механічні характеристики як міцність, а також зменшити водопоглинання і усадку.

Висновки

Розроблено та оптимізовано склад золюцементної в'язучої речовини, модифікованої сульфатно-карбонатною добавкою в присутності скерпластифікатора. Встановлено фазовий склад новоутворень цементного каменю, що представлений пере-

Таблиця 4. Порівняння експлуатаційних характеристик дрібнозернистого бетону для стяжок на основі портландцементу (базовий варіант) та на основі золюцементної композиції, модифікованої сульфатно-карбонатними добавками

Найменування	Вимоги ДСТУ БВ.2.7-126			Склади дрібнозернистого бетону на основі:	
				портландцементу (склад порівняння)	модифікованої золюцементної композиції
Марка стяжки	СТ1	СТ2	СТ3		
Рухливість, см	не менше 8			8...9	8...9
Водоутримуюча здатність, %	не менше 95			95	100
Термін придатності, хв	не менше 60			120	120
Міцність при стиску, МПа: - 3 діб - 28 діб	5 15	7 25	10 35	15,0 36,8	12,53 34,6
Міцність при згині, МПа: - 3 діб - 28 діб	2 3,5	2,5 4,5	3,0 6,0	2,5 5,5	3,8 6,8
Адгезія через 28 діб, МПа	не менше 0,5			0,5...0,6	0,6...0,7
Усадка, мм	не менше 8			1,0	0,8
Морозостійкість, циклів	-	-	50	75	100

важно твердими розчинами на основі гідросульфаталюмініатів та гідросилікатів кальцію.

Досліджено особливості структуроутворення розроблених в'язучих композицій у присутності мікрокремнезему при різних температурах навколишнього середовища та встановлено, що його наявність не викликає синтезу у складі продуктів гідратації таумаситу. Фазовий склад новоутворень представлений в основному твердими розчинами на основі етрингіту та сполуками, подібними до скаутиту, епістільбіту та гідрогранатів.

Застосування розробленої в'язучої речовини дозволить утилізувати у складі дрібнозернистого бетону відходи паливно-енергетичної промисловості з одного боку, а з іншого - скоротить викиди вуглекислого газу в атмосферу за рахунок зниження витрат портландцементного клінкеру у складі в'язучих речовин.

Розроблені склади дрібнозернистих бетонів за своїми експлуатаційними характеристиками мало відрізняються від властивостей бетонів на основі чистого портландцементу. Тому їх доцільно використовувати при влаштуванні підлог за технологією виробництва сухих будівельних сумішей із максимальним вмістом відходів паливно-енергетичної промисловості, що дозволить заощаджувати матеріально-енергетичні ресурси, в тому числі знизити витрати портландцементу до 20...40%, а використання таких сумішей у народному господарстві сприятиме покращенню екологічної ситуації.

Прямий економічний ефект, отриманий при виготовленні (в умовах ТОВ "АЛІТ-БУД") та використанні 1 т сухої суміші дрібнозернистого бетону, що використовується для влаштування стяжок підлог на основі золоцементної в'язучої речовини, модифікованої сульфатно-карбонатними добавками, складає приблизно 110 грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ю.М. Баженов Многокомпонентные мелкозернистые бетоны. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №10(33), 2001.
2. Кривенко П.В. Прогнозная оценка долговечности цементного камня // Строительные материалы и изделия, 2003. — №5. — С. 13-15.

3. Shi C. Alkali — activated cements and concretes / C. Shi, P. Krivenko, D. Roy // Taylor & Francis, London and New York, 2006. — 376 s.

4. Cement: a question of responsible use: Proceeding of the Intern. Confer. Held at the University of Dundee ["Cement combination for durable concrete"], (Scotland, 7.07.2005) / R.K. Dhir. — Scotland, Thomas Telford, UK. — P. 1-12.

5. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-46-96. — [чинний від 1997-01-01]. -К.: Держкоммістобудування України, 1997. — 15 с. — (Національний стандарт України).

6. Кудяков А.И., Фниканова Л.А., Копаница Н.О., Гевасимов А.В. Влияние зернового состава и вида наполнителей на свойства строительных растворов // Строит. материалы, 2000. № 11. С. 28.

7. Пушкарёва К.К., Гончар О.А., Павлюк В.В. Павлюк І.М. Оцінка впливу пластифікуючих добавок на технічні характеристики золовмісних композиційних цементів та бетонів на їх основі. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне, 2004. — Вип.4 (28), част. 2. — С.155-161.

АННОТАЦИЯ

Разработан дисперсноармированный мелкозернистый бетон на основе модифицированных золоцементных вяжущих веществ, содержащих в своем составе не менее 55 масс.% золы-уноса. Изучены эксплуатационные и технологические свойства разработанных вяжущих веществ и бетонов на их основе.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, зола, модифицированные золоцементные вяжущие вещества.

ANNOTATION

Dispersion reinforced fine-grained concrete based on the modified fly ash-cement binding substances was designed with fly-ash content not less than 55 % by mass. The operational and technological properties of developed binders and concretes on their base were investigated.

Keywords: fine-grained concrete, fly-ash, modified fly ash-cement binders.

УДК 624.15

*В.М. Михайленко, д.т.н., проф., КНУБА;
О.О. Терентєв, к.т.н., НДІБВ;
М.В. Корнієнко, к.т.н., доцент, КНУБА*

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

АНОТАЦІЯ

Розглядається узагальнена оцінка конкретних фундаментних конструкцій. В цій роботі досліджено узагальнення розрахунку часткового коефіцієнта над фундаментними конструкціями. Розроблені та досліджені ланцюги логічного виведення оцінки дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівлі фундаментів. Ця методика надалі передбачає інші підходи до створення ланцюгів логічного виведення на рівні нейронних мереж.

Ключові слова: будівлі, пошкодження та дефекти, моделювання надійності, інформаційна технологія, база знань, ланцюги логічного виведення.

Держава та уряд приділяють постійну увагу безпеці експлуатації будівель та споруд, посиленню контролю над їх проектуванням і капітальним ремонтом. Про це свідчить постанова Кабінету Міністрів України "Про забезпечення надійності та безпечної експлуатації будівель, споруд і інженерних мереж" від 05 травня 1997 р. № 409 та розпорядження Кабінету Міністрів України "Про заходи щодо посилення контролю над проектуванням, новим будівництвом, реконструкцією, капітальним ремонтом і експлуатацією будівель і споруд" № 100-р від 01 березня 2004 р.

Останнім часом значно зростають обсяги робіт, пов'язані з комплексною діагностикою та оцінкою технічного стану будівельних конструкцій, будівель та споруд. Досить часто виникає ситуація, коли виконавці не мають можливості перед обстеженням вивчити технічну документацію на будівлі та споруди, що експлуатуються протягом тривалого часу. Такі роботи виділяються як самостійний напрямок будівельного виробництва, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будівель, проведенням ремонтно-відновлювальних робіт, робіт із реконструкції та розроблення проектної документації.

Обстеження будівель і споруд включає такий

комплекс завдань:

- * попередній огляд об'єкта;
- * візуальне обстеження;
- * інструментальне обстеження;
- * додаткові вишукування (геологія, геодезія, розкриття фундаментів);
- * визначення несучої здатності конструкцій і інші розрахунки;
- * аналіз, порівняння та узагальнення результатів обстеження;
- * висновки і рекомендації.

Одним із напрямків у реалізації комплексу завдань щодо безпечної експлуатації будівель і споруд є обстеження фундаментних конструкцій.

Ця задача включає:

- * узагальнену оцінку конкретних фундаментних конструкцій;
- * узагальнення розрахунку часткового коефіцієнта над фундаментними конструкціями.

На основі проведеного аналізу створюються ланцюги логічного виведення спорудження фундаментів. Для розв'язання даної задачі експерти самостійно дають імовірнісну оцінку, керуючись власним досвідом.

Результати логічного виведення бази знань представляються у вигляді дерева пошкоджень - ієрархічна класифікація типів пошкоджень.

У ході логічного висновку з фактів виконуються логічні операції. В результаті цього отримують складні висновки.

Метод коефіцієнта впевненості базується на евристичних спостереженнях, які отримані на основі роботи експертів: по-перше, в традиційній теорії ймовірностей сума ймовірностей події та її заперечення дорівнює одиниці; але в практичній діяльності оцінка достовірності події не означає, що ця подія одночасно оцінюється і на хибність; по - друге, знання самих правил більш важливе ніж знання алгебри для їх обчислення.

Міра впевненості — це неформальна оцінка, яку експерт додає до висновку, наприклад: "імовірно, це так", "можливо", "точно", "нічого не можна сказати" тощо.

Міра впевненості описує людську (суб'єктивну) оцінку причинної ймовірнісної міри. Продуктивність системи визначається якістю правил.

Перевагою методу коефіцієнта впевненості багато в чому полягає у використанні достатньо коротких послідовностей комбінованих правил і ви-

Таблиця 1. База правил дефектів експертної системи для конструктивного елемента фундаментів

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюга логічного виведення
1	2	3
Фундаменти	Якщо FA і FB , то FC Якщо FC і FD , то FE Якщо FE і FK і FF , то FL	Якщо тріщини вимощення (FA) і відсутність в окремих місцях вимощення (FB), то пошкодження вимощення (FC); Якщо пошкодження вимощення (FC) і сліди зволоження стін підвальних приміщень (FD), то просідання фундаменту (FE); Якщо просідання фундаменту (FE) і масові наскрізні тріщини на всю висоту будівлі (FK) і здимання тунту в підвалі (FF), то осідання будівлі (FL)

користанні достатньо простих гіпотез. До недоліків можна віднести складність визначення у багатьох випадках коефіцієнтів впевненості, відсутність теоретичного обґрунтування результатів.

Сутність нечіткої логіки, що запропонував Л. Заде, від коефіцієнта впевненості полягає:

- у використанні лінгвістичних змінних (замість числових);
- у відношенні між змінними, що описуються за допомогою нечітких висловлювань;
- складні відношення визначаються нечіткими алгоритмами.

Коефіцієнт впевненості розраховується за наступними правилами:

1) при логічному зв'язку І між фактами $P1$ і $P2$:

$$C(P1 \wedge P2) = \min(C(P1), C(P2)); \quad (1)$$

2) при логічному зв'язку АБО між фактами $P1$ і $P2$:

$$C(P1 \vee P2) = \max(C(P1), C(P2)). \quad (2)$$

Коефіцієнти впевненості приписуються не тільки фактам, але і правилам. Позначимо коефіцієнт впевненості правила через Cr . Коефіцієнт Cr відповідає ступеню правдивості висновку правила при правдивих припущеннях. Якщо припущення характеризуються коефіцієнтом впевненості $C_{пред}=1$, то коефіцієнт впевненості висновку $C_{висн}$ розраховують за формулою:

$$C_{висн} = C_{пред} * Cr. \quad (3)$$

Як приклад у таблиці 1 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елемента фундаментів.

Дефекти пошкодження конструкції фундаментів розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для фундаментів згідно з видом (1, 2):

$$CF(FA \wedge FB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CF((FA \wedge FB) \vee FD) = \max(0.2; 0.4) = 0.4$$

$$CF(((FA \wedge FB) \vee FD) \vee FK \vee FF) = \max(0.4; 0.65; 0.75) = 0.75 \rightarrow CF_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CFr=0.8$, тоді:

$$CF_{висн} = CF_{пред} * CFr = 0.75 * 0.8 = 0.6.$$

На рисунку 1 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елемента "Фундаменти".

Відповідність стану конструкції коефіцієнту впевненості представлений у таблиці 2.

Надалі пропонується більш загальний підхід, пов'язаний із калібруванням статичних методів та методів дослідження невизначеностей.

У методі часткового коефіцієнта базові перемінні (тобто дії, характеристики опору та геометричні характеристики фундаментів) за рахунок використання часткових коефіцієнтів отримують відповідні розрахункові величини та виконується перевірка, яка має гарантувати, що немає перевищених відповідних граничних станів при обстеженні елемента фундаментів.

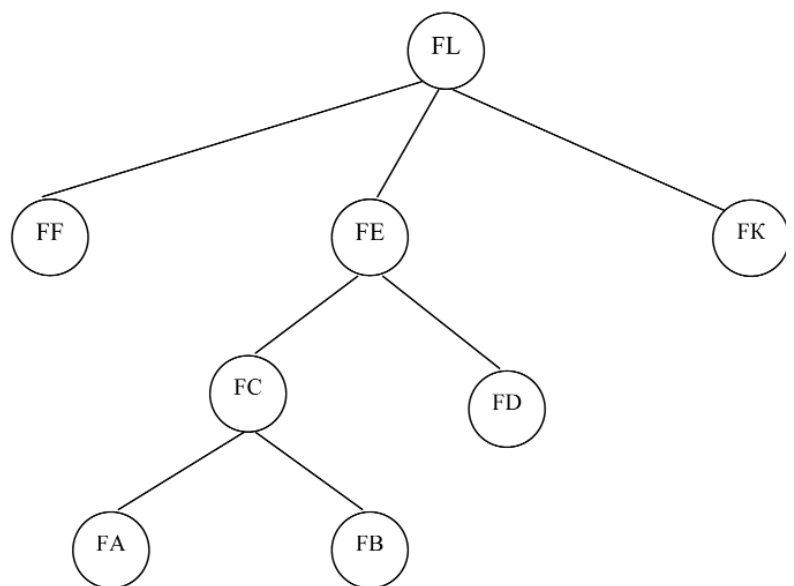


Рис. 1. Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елемента "Фундаменти"

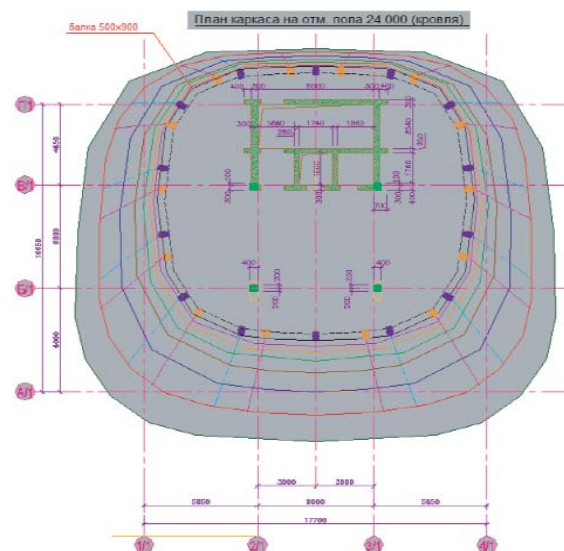
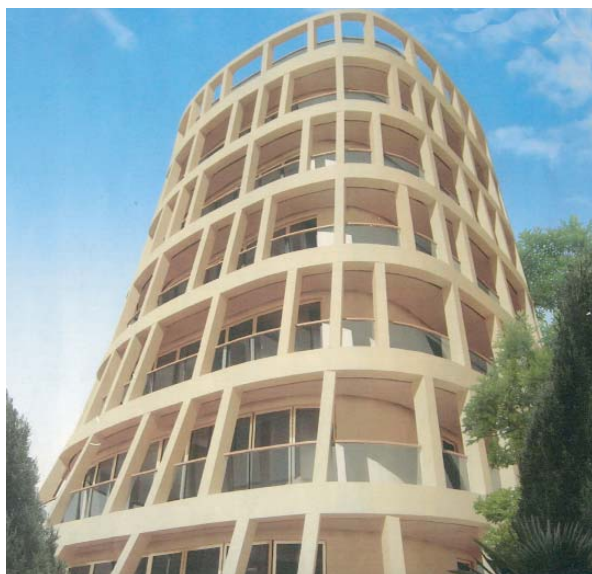


Рис.1. 3-Д вид каркаса и план верхнего этажа. Секции №5-2

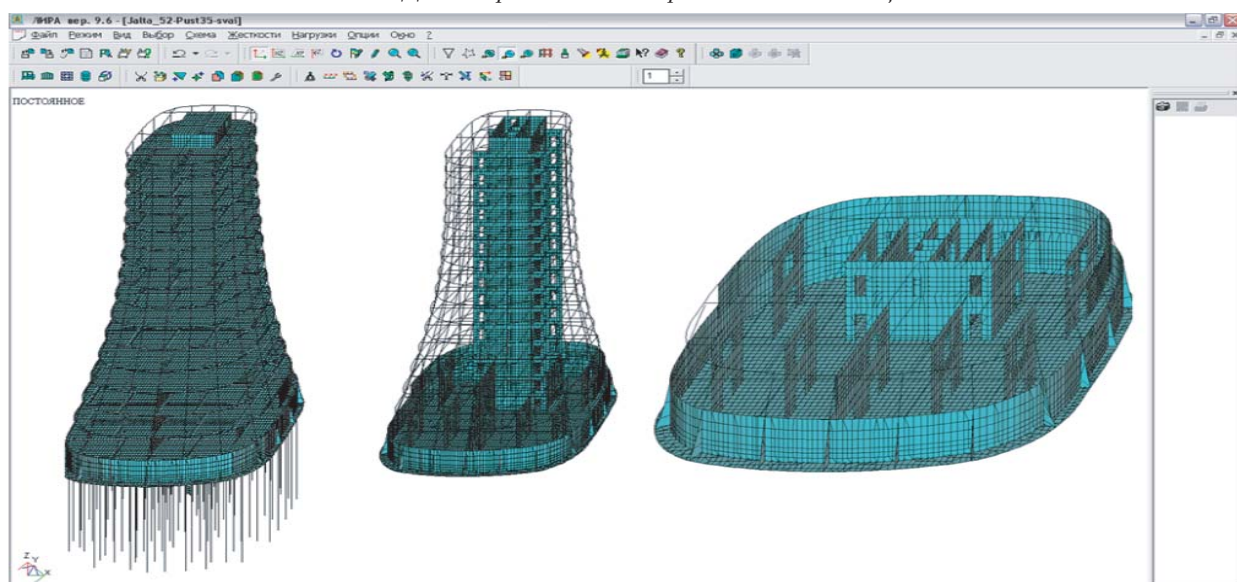


Рис. 2. Расчетная схема МКЭ каркаса. Секции №5-2. МКЭ схема фундаментной плиты с контрфорсами.

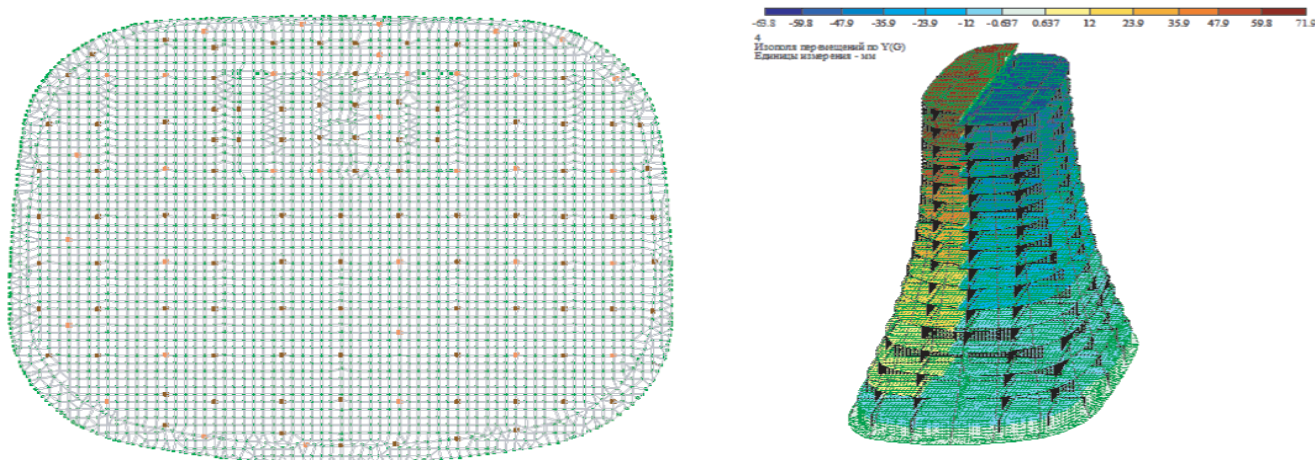


Рис. 3. Схема МКЭ свайного поля без демпферов и деформации каркаса при плитах перекрытия толщиной 20см (вариант-1)

Кольорові рисунки до статті В.П.Максименка та Л.В.Філінського "ЭФФЕКТНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЕМПФЕРНОГО ТИПА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ" на стор. 6

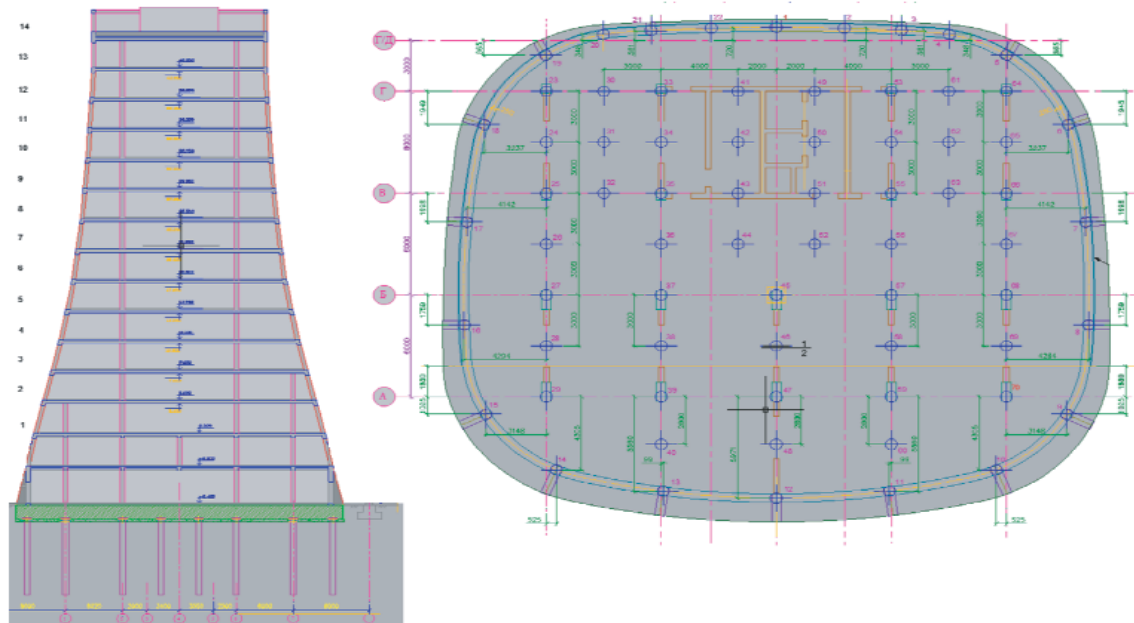


Рис. 4. Разрез секции №5-2 и план фундаментов при использовании демпферов (вариант 2)

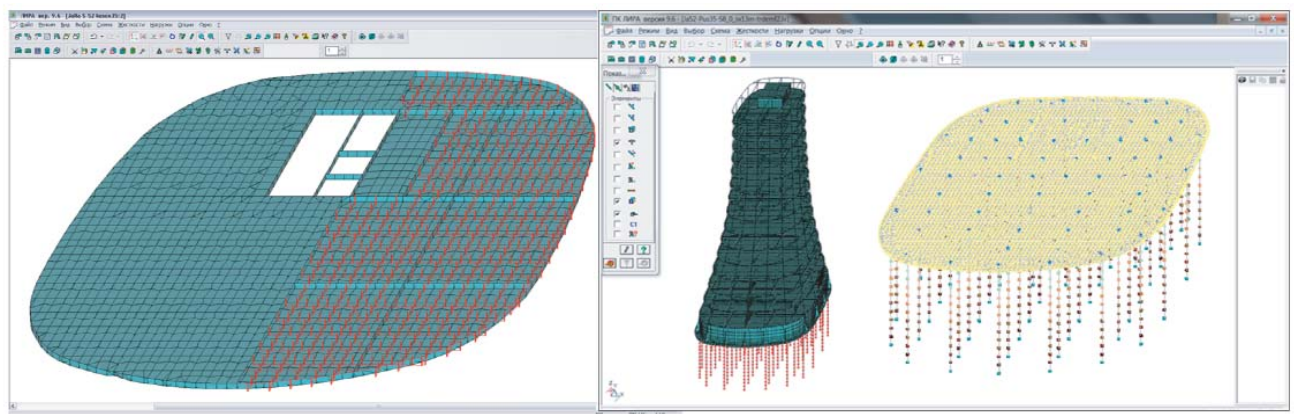


Рис. 5. Схема МКЭ кессонной плиты перекрытия каркаса и фундаментной плиты на демпферах

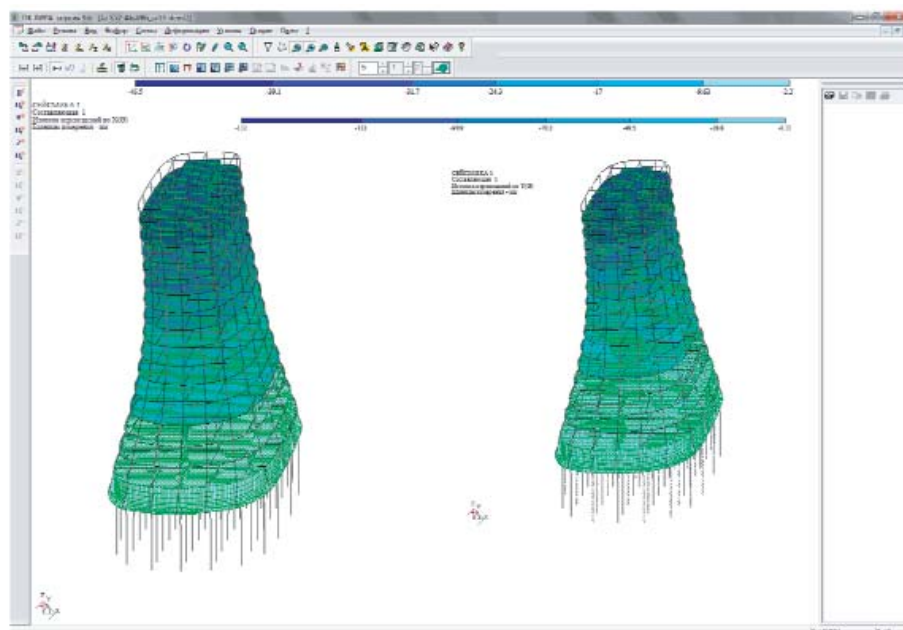


Рис. 7. Деформации каркаса здания при сейсмическом воздействии по синтезированной трехкомпонентной акселерограмме vb6mod29

Кольорові рисунки до статті В.П.Максименка та Л.В.Філінського "ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ДЕМПФЕРНОГО ТИПА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ" на стор. 6

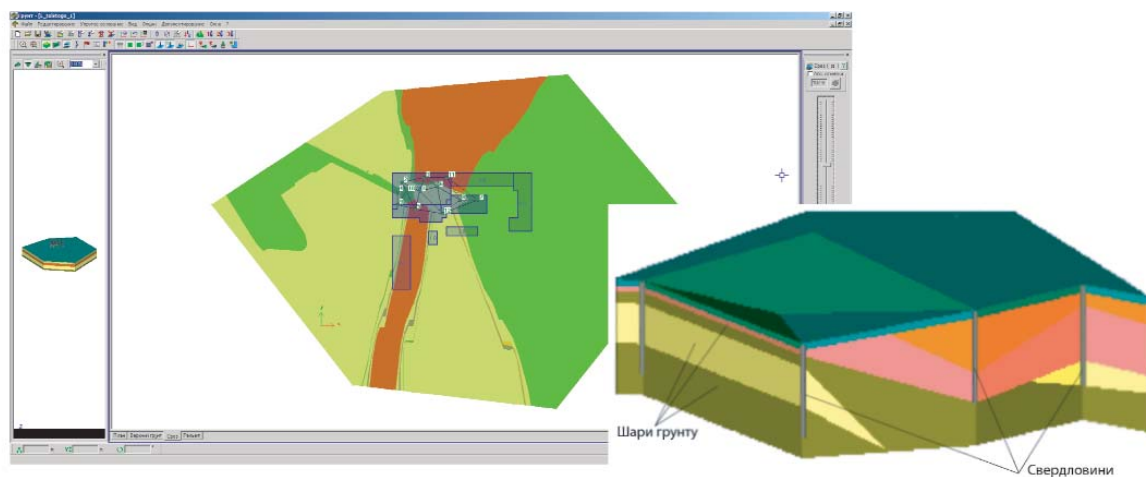


Рис. 1. Модель ґрунтової основи в ПС "Грунт"

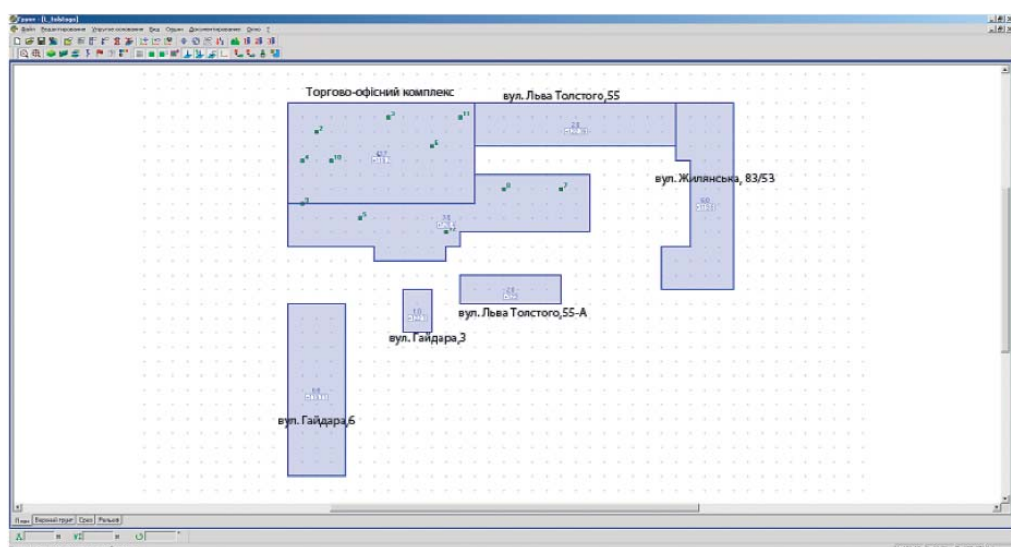


Рис. 3. Ситуаційний план розташування висотного будинку і оточуючої забудови та схема розміщення розвідувальних свердловин

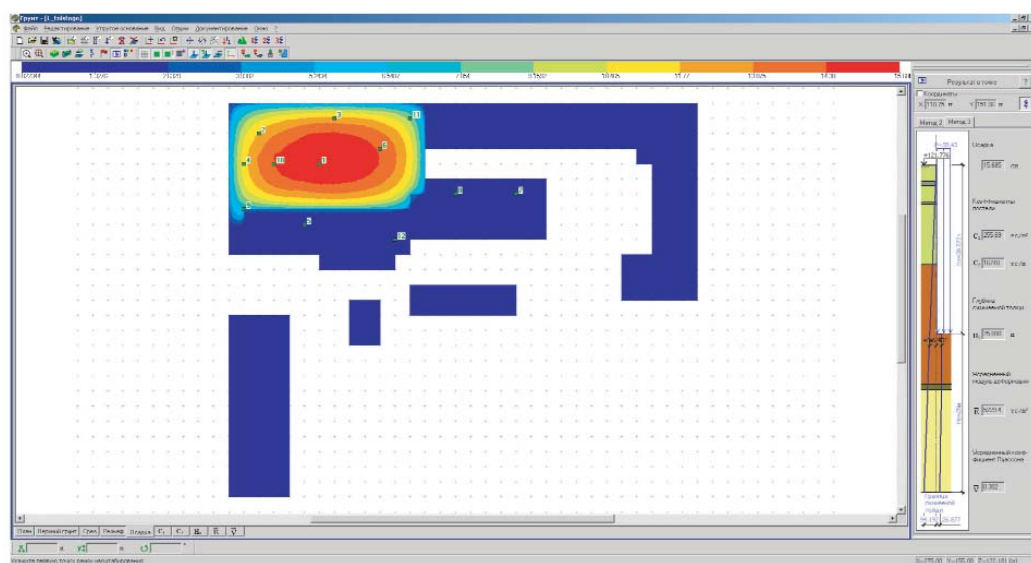


Рис. 4. Ізополі огинаючих деформацій ґрунтової основи

Кольорові рисунки до статті А.А. Франівського, В.П. Максименка, П.В. Войтенка "ДЕФОРМАЦІЇ ІСНУЮЧИХ СПОРУД В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ" на стор. 9

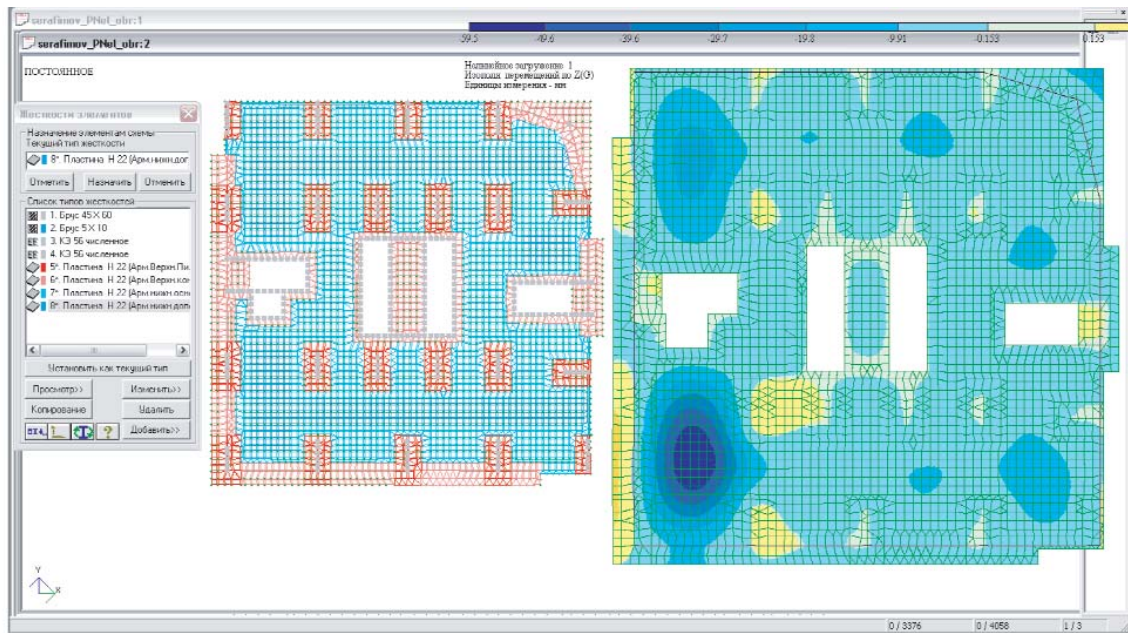


Рис. 1. Схема розташування типів армування та деформована схема після руйнування колони

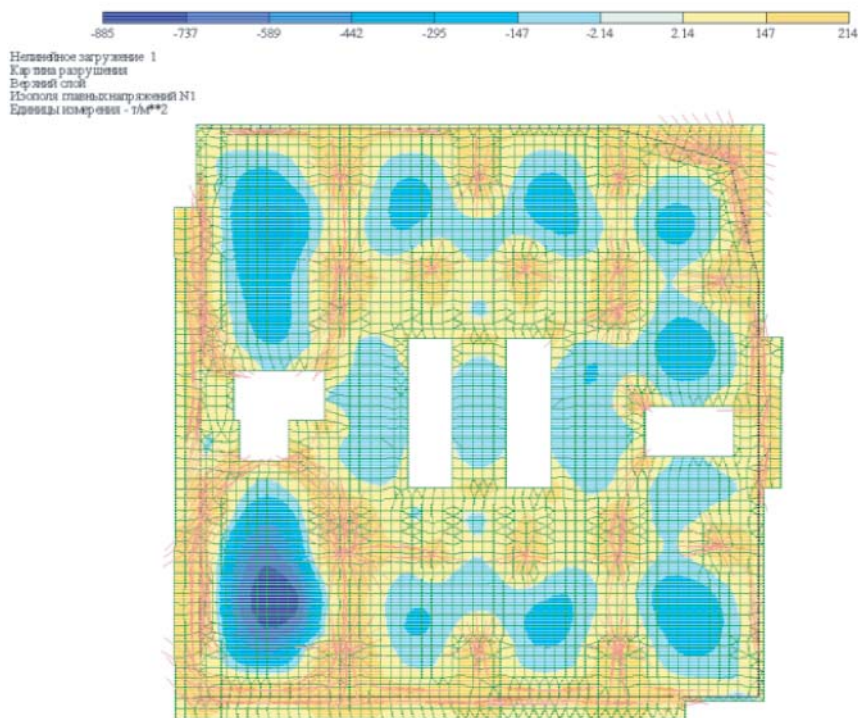


Рис. 2. Схема розвитку тріщин у плиті

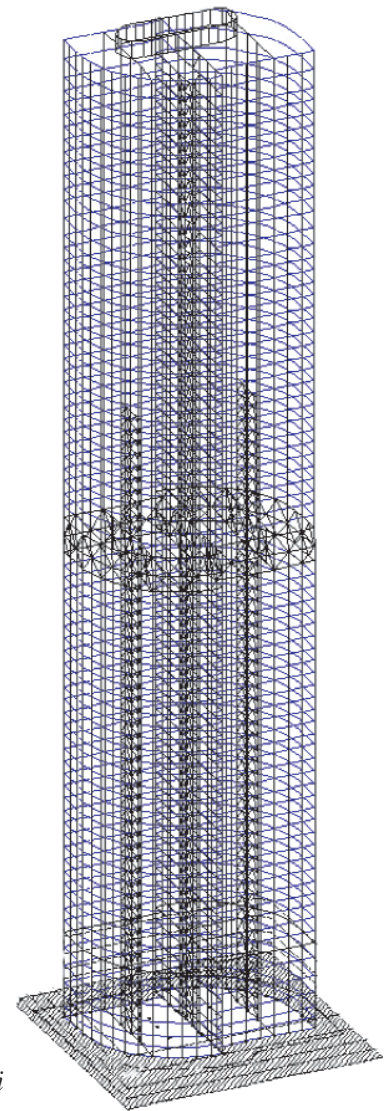


Рис. 3. Схема розташування аутригерного поверху в багатоповерховій будівлі

Кольорові рисунки до статті М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерського, Я.В. Покотила "МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ЙМОВІРНОСТІ ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ ПРИ ДІЇ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ" на стор. 17

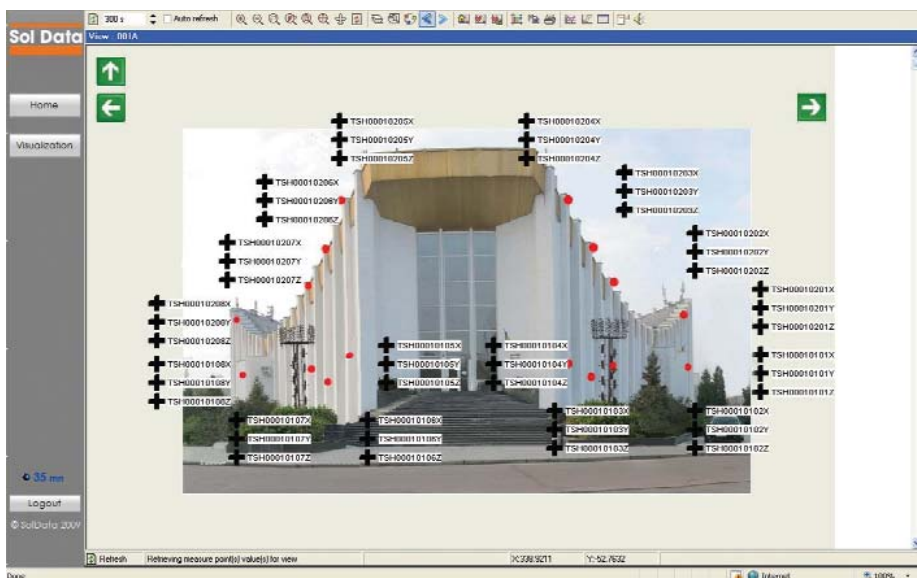


Рис. 3. Визуализация данных измерений деформаций автоматизированного геодезического комплекса "Кентавр" на существующих зданиях

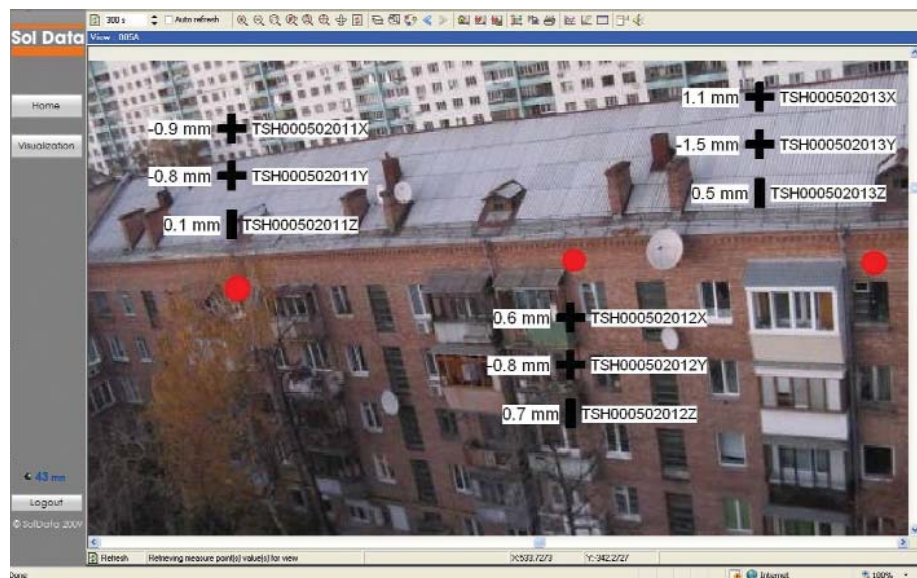


Рис. 4. Визуализация данных измерений деформаций автоматизированного геодезического комплекса "Кентавр" на существующих зданиях (жилом здании)



Рис. 5. Месторасположение точек наблюдения деформаций поверхности примыкающей территории, окружающей здания и коммуникации

Кольорові рисунки до статті І.В. Кедик "АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА" на стор. 55

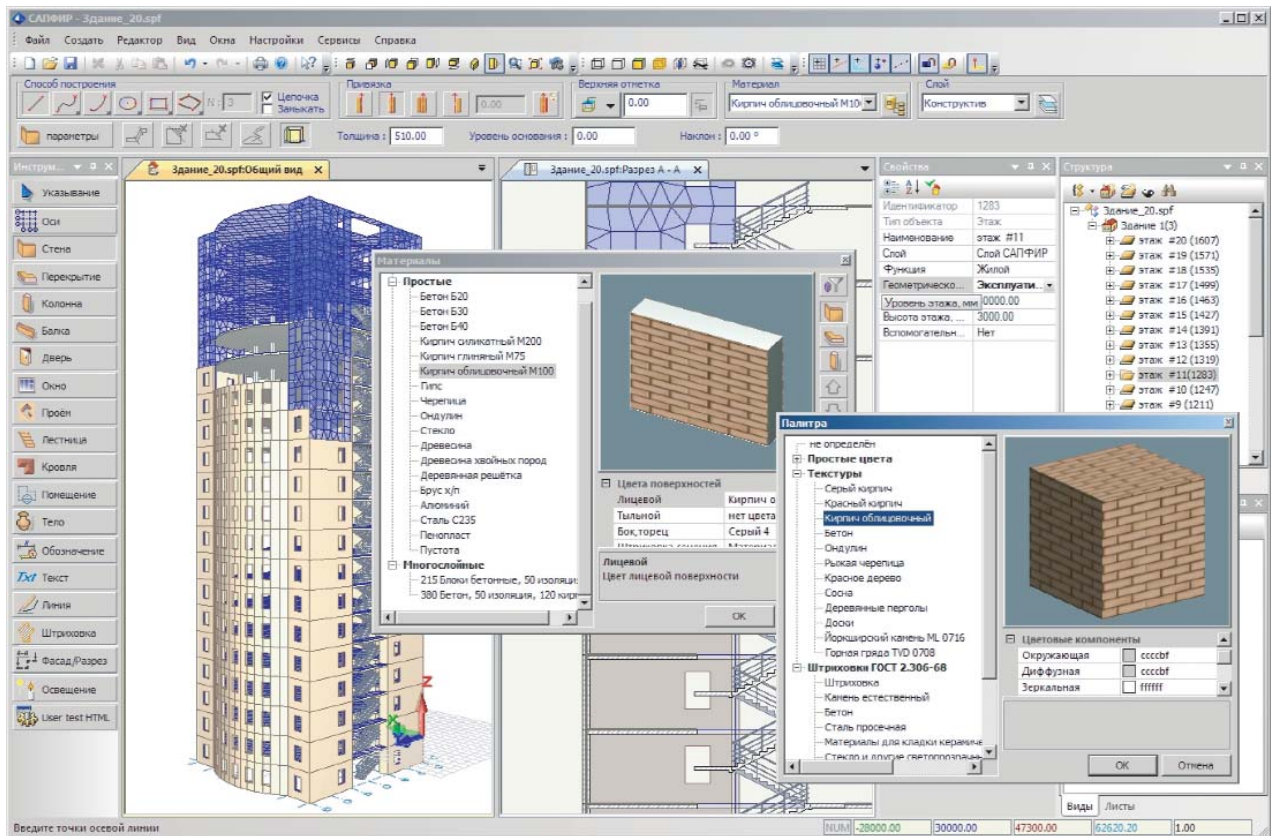


Рис. 3. Технология создания ЦМО средствами САПФИР

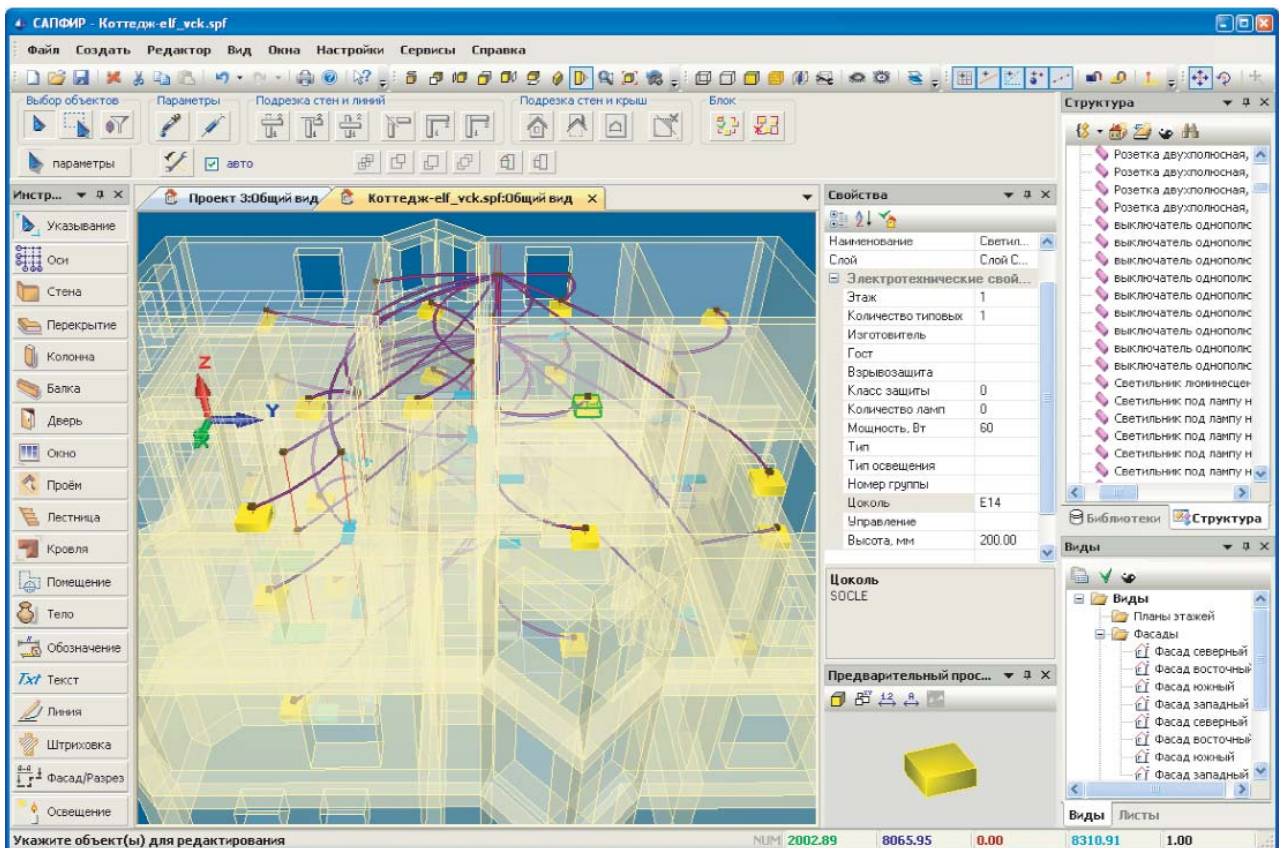


Рис. 4. Пример импорта электротехнической части проекта в САПФИР

Кольорові рисунки до статті А.С. Городецького і М.С. Барабаш "КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ" на стор. 67

Таблиця 2. Коефіцієнти впевненості нормативного стану фундаментних конструкцій

№ з/п	Нормативний стан	Коефіцієнт впевненості
1	2	3
1	II – задовільний	0,00....0,25
2	II/III – задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації	0,25....0,50
3	III – непридатний до нормальної експлуатації	0,50.....0,75
4	IV – аварійний	0,75.....1,00

Чисельні значення для часткових коефіцієнтів можуть визначатись двома шляхами:

* на основі калібрування, виходячи з довголітніх експериментів та будівельних конструкцій;

* на основі статистичної оцінки експериментальних даних та польових спостережень (це повинно виконуватись у рамках імовірнісної теорії надійності).

Схематичний огляд різних наявних методів калібрування розрахункових формул для часткового коефіцієнта (граничні стани при обстеженні технічного стану фундаментів) та відносини між ними представлені на рисунку 2.

Імовірнісні калібрувальні процедури для част-

Таблиця 3. Зв'язок між β та P_f

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	13	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

кових коефіцієнтів можуть бути розподілені на два головних класи:

- повністю імовірнісні методи (рівень III);
- методи надійності першого порядку (FORM) (рівень II).

В обох методах рівня II і рівня III слід ідентифікувати міру надійності з вірогідністю ймовірності

$$P_s = (1 - P_f), \quad (4)$$

де P_s – імовірність життєздатності;

P_f – імовірність руйнування стосовно розглянутої форми руйнування в межах відповідного базового періоду.

Якщо підрахована імовірність руйнування є більшою ніж попередньо задана величина, тоді конструкція конструктивного елемента повинна розглядатися як непридатна.

Індекс надійності β

У процедурах рівня II альтернативна міра надійності умовно визначається за допомогою індекса надійності β , який пов'язаний з P_f :

$$P_f = \Phi(-\beta), \quad (5)$$

де Φ – кумулятивна функція стандартного нормального розподілення.

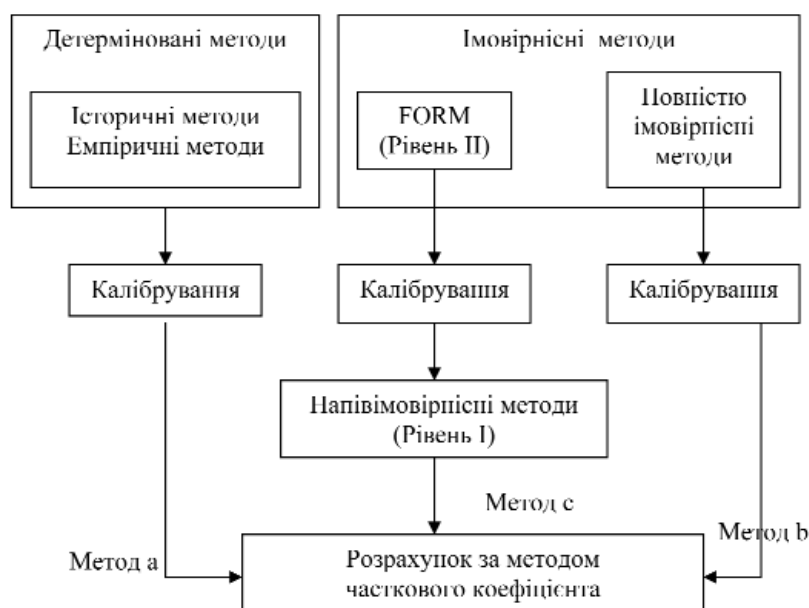


Рис. 2. Загальне зображення методів надійності

Зв'язок між Φ та β наведений у таблиці 3.

Імовірність руйнування конструкції фундаменту P_f може виражатись через функцію ефективності q так, що вважається, що конструкція витримає навантаження без руйнування, якщо $q > 0$, і буде зруйнована, якщо $q < 0$:

$$P_f = P_{zob}(q < 0), \quad (6)$$

Якщо R — опір, а E — результат дій, функція ефективності q становить:

$$q = R - E, \quad (7)$$

з випадковими величинами R , E та q .

Якщо q має нормальне розподілення, β приймається, як:

$$\beta = \mu_q / \delta_q, \quad (8)$$

де μ_q — середнє значення;
 δ_q — стандартне відхилення.

Так що $\mu_q - \beta \delta_q = 0$, (9)

$$P_f = P_{zob}(q < 0) = P_{zob}(q < \mu_q - \beta \delta_q). \quad (10)$$

Для інших розподілів q та β є тільки умовною мірою надійності.

Задані величини індекса надійності β

Задані величини для індекса надійності конструкції фундаменту β для різних розрахункових ситуацій, а також для базових періодів від 1 року до 50 років наведені в таблиці 3. Величини β в таблиці 4 відповідають рівням безпеки для конструктивних елементів класів надійності RC2.

Для цих обчислень β :

- для параметрів міцності матеріалів і конструкцій, а також невизначеностей моделей, як правило, використовується логнормальний розподіл або розподіл Вейбулла;
- для власної ваги конструкції, як правило, використовується нормальний розподіл;
- при розгляді перевірок, які не пов'язані зі втомою, для перемінних дій для спрощення використовується нормальний розподіл. Розподіл екстремальних значень був би більш прийнятним.

Таблиця 4. Заданий індекс надійності для елементів конструкції класу RC2

Граничний стан	Заданий індекс надійності β	
	1 рік	50 років
Несуча здатність	4,7	3,8
Втома		від 1,5 до 3,8
Експлуатаційна придатність (незворотний)	2,9	1,5
Залежить від ступеня можливості проведення інспекцій, ремонтів та допустимого ушкодження		

Коли головні невизначеності викликані діями, що мають статистично незалежні щорічні максимальні значення, то для іншого базового періоду величина p може підраховуватись з використанням наступної формули:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \quad (11)$$

де β_n — індекс надійності за базовий період за n років,

β_1 — індекс надійності за один рік.

Дійсна частота випадків руйнування значно залежить від людських помилок (людський фактор), котрі не розглядаються у розрахунку часткового коефіцієнта.

Таким чином, не обов'язково забезпечувати індикацію дійсної частоти руйнування конструкції.

Підхід до калібрування розрахункових величин

У методі перевірки надійності проектної величини (рис. 2) розрахункові величини повинні бути визначеними для всіх базових перемінних. Розрахунок розглядається як достатній, якщо не досягаються граничні стани при розрахункових величинах, які запроваджуються у розрахункових моделях. Використовуючи умовні позначки, це можливо виразити, як:

$$E_d < R_d, \quad (12)$$

де підрядковий індекс d відноситься до розрахункових величин. Це практичний шлях для гарантування, що індекс надійності β дорівнює або більший за задану величину.

E_d та R_d можуть бути відображені у частково символічній формі, як:

$$E_d = E \{F_{d1}, F_{d1}, \dots, \alpha_{d1}, \alpha_{d2}, \dots, \Theta_{d1}, \Theta_{d2}, \dots\} \quad (13),$$

$$R_d = R \{X_{d1}, X_{d1}, \dots, \alpha_{d1}, \alpha_{d2}, \dots, \Theta_{d1}, \Theta_{d2}, \dots\} \quad (14),$$

де

E — результат дії;

R — опір;

F — дія;

X — властивість матеріалу;

α — геометрична властивість;

Θ — невизначеність моделі.

Для особливих граничних станів може бути необхідною більш загальна формула, щоб виразити граничний стан.

S — межа руйнування g ,

P — розрахункова точка.

Розрахункові величини базуватимуться на величинах базових перемінних в розрахунковій

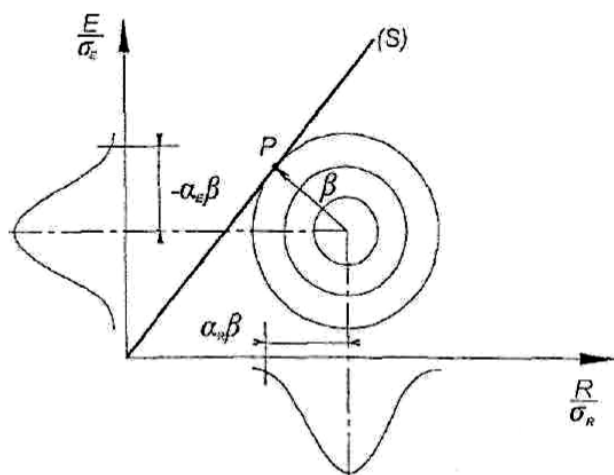


Рис. 3. Розрахункова точка та індекс надійності β відповідно до методу надійності першого порядку (FORM) для нормально розподілених некорельованих перемінних

точці FORM, котра може бути визначеною як точка руйнування поверхні, найближча до центра розподілу у просторі нормалізованих перемінних (як схематично визначено на рисунку 3).

Розрахункові величини впливів дії E_d та опору R_d потрібно визначати так, щоб вірогідність мати більш несприятливу величину була такою:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta), \quad (15)$$

$$P(R > R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta), \quad (16)$$

де

β — індекс заданого рівня надійності,

α_E та α_R з $|\alpha| < 1$ — величини коефіцієнтів чутливості FORM.

Величина α є негативною для несприятливих дій та впливів дій та позитивною для опору.

α_E і α_R можуть бути прийнятими відповідно 0,7 і 0,8 за умови:

$$0,16 < \delta_E / \delta_R < 7,6, \quad (17)$$

де δ_E та δ_R — стандартне відхилення результату дій та опору відповідно в формулах (15,16) Це дає:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta), \quad (18)$$

$$P(R > R_d) = \Phi(-0,8\beta). \quad (19)$$

Якщо умова (17) не виконується, слід використати $\alpha = \pm 1,0$ для перемінної з більш широким стандартним відхиленням та $\alpha = \pm 0,4$ для перемінної з меншим стандартним відхиленням.

Коли модель дії містить декілька базових перемінних, формулу (18) слід використовувати тільки для провідної перемінної. Для супутніх дій розрахункові величини можуть визначатись за допомогою:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28\beta). \quad (20)$$

Висновок. Ця методика надалі передбачає інші підходи до створення ланцюгів логічного виведення на рівні нейронних мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калинин В.М. Оценка технического состояния зданий. / В.М. Калинин, С.Д. Сокова. — М.: ИНФРА, 2006. — 268 с.
2. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: Навч. посібник / Є.В. Клименко. — Київ: Центр навчальної літератури, 2004. — 304 с.
3. Правила оценки физического износа жилых зданий (ВСН 53-86 (р)) / Госгражданстрой. — М.: Прейскурантиздат, 1988. — 72 с.
4. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. — К.: НДІБВ, 2003. — 144 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008

АННОТАЦИЯ

Рассматривается обобщенная оценка конкретных фундаментных конструкций. В этой работе исследовано обобщение расчетов частичного коэффициента над фундаментными конструкциями. Разработаны и исследованы цепи логического выведения оценки дефектов и повреждений конструктивных элементов здания фундаментов. Эта методика в дальнейшем предусматривает другие подходы к созданию цепей логического выведения на уровне нейронных сетей.

Ключевые слова: здания, повреждения и дефекты, моделирование надёжности, информационная технология, база знаний, цепи логического выведения.

ANNOTATION

The generalized estimation of concrete fundamental constructions is examined. In this work generalization of calculations of partial coefficient is investigated above fundamental constructions. Developed and investigational the chain of logical leading-out of estimation of defects and damages of structural elements of building of foundations. This method in future foresees other going near creation of chains of logical leadingout at level of neyronikh networks.

Keywords: buildings, damages and defects, information technology, design of reliability, the knowledge base, chains of logic deducing.

УДК 69:658.562;624.15

О.М. Галінський, к. т. н.; С.А. Марчук, НДІБВ

ОЦІНКА ЯКОСТІ УЛАШТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВИЙМОК ТА ПАЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТА АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання важливості контролю якості улаштування конструкцій фундаментів глибокого закладання, підпірних та несучих заглиблених стін із використанням методів ультразвукового та акустичного контролю.

Ключові слова: ґрунтова виїмка, паля, ультразвуковий, акустичний контроль.

У сучасному будівельному світі у зв'язку з високою вартістю земельних ділянок значна кількість будівельних об'єктів — це багатоповерхові споруди різного призначення, які зводяться в умовах щільної забудови.

За діючими в Україні будівельними нормами висотні споруди повинні мати плитний фундамент або фундамент глибокого закладання у вигляді паль, барет або "стіни в ґрунті". Можливість зведення об'єктів в умовах щільної забудови у більшості випадків забезпечується влаштуванням огорожувальних конструкцій будівельного котловану у вигляді суцільної або пальової "стіни в ґрунті", яка в подальшому найчастіше використовується у якості несучої конструкції споруджуваного об'єкта.

Не викликає сумнівів, що якість влаштування фундаментів та огорожувальних конструкцій котлованів за важливістю посідає перші місця у забезпеченні надійності та безпеки експлуатації оточуючих будівництво споруд, а також самого об'єкта будівництва [1].

Діючі будівельні норми передбачають ряд заходів із контролю за улаштуванням конструкцій глибоких фундаментів та огорожувальних конструкцій котлованів, у тому числі нагляд за спорудами, що перебувають у призмі обвалення стінок будівельних котлованів. У цей же час існує проблема складності контролю якості влаштування таких конструкцій та відсутня систематизація оцінки впливу комплексу параметрів їх улаштування на якість виконання.

Відомо, що на якість улаштування будь-яких будівельних конструкцій впливає ряд чинників, серед яких: правильність проектних рішень, дотримання технології виконання робіт, якість матеріалів конструкцій, тип задіяних будівельних машин, складність конструкцій, склад та досвід будівельних бригад, погодно-кліматичні умови виконання робіт, контроль якості тощо. У випадку влаштування підземних конструкцій, таких як паля, барета, "стіна в ґрунті", окрім вищевказаних чинників, особливо важливе значення мають типи ґрунтів на ділянці забудови, наявність підземних вод та якість інженерно-геологічних вишукувань.

Складністю контролю якості влаштування цих конструкцій та ґрунтових виїмок для них є значна глибина їх улаштування та у багатьох випадках використання глинистого розчину, який унеможливорює візуальний та ускладнює інструментальний контроль влаштування ґрунтової виїмки. Натомість саме на ранніх етапах будівництва контроль дозволяє вчасно виявити та усунути невідповідності підземних конструкцій проектним вимогам, що дозволяє скоротити витрати на непередбачені роботи та попередити нештатні ситуації.

На сьогоднішній день для контролю якості влаштування підземних виїмок та конструкцій існують прилади ультразвукового та акустичного контролю, які дозволяють здійснювати дослідження неруйнівним способом [1].

НДІБВ при виконанні робіт із дослідження ґрунтових виїмок, що знаходяться під глинистим розчином, використовує буровий монітор "KODEN" DM-682 (виробництва Японії), який дозволяє встановити конфігурацію поверхні стінок та глибину ґрунтової виїмки під досліджувану конструкцію. Цим приладом можна дослідити свердловини під палі, виїмки під барети та траншеї "стіни в ґрунті".

Буровий монітор DM-682 складається із двох основних частин: блока управління з самописним пристроєм та лебідки з датчиком (рис. 1).

Під час виконання дослідження лебідка, встановлена над ґрунтовою виїмкою, опускає датчик у глинистий розчин. Під час опускання датчик випромінює ультразвукові сигнали, які, відбиваючись від ґрунтових стінок, повертаються до датчика і надають інформацію щодо стану стін виїмки. Конфігурація поверхні стінок виводиться самописним пристроєм на спеціальний електрочутливий папір і надає в масштабі інформацію щодо

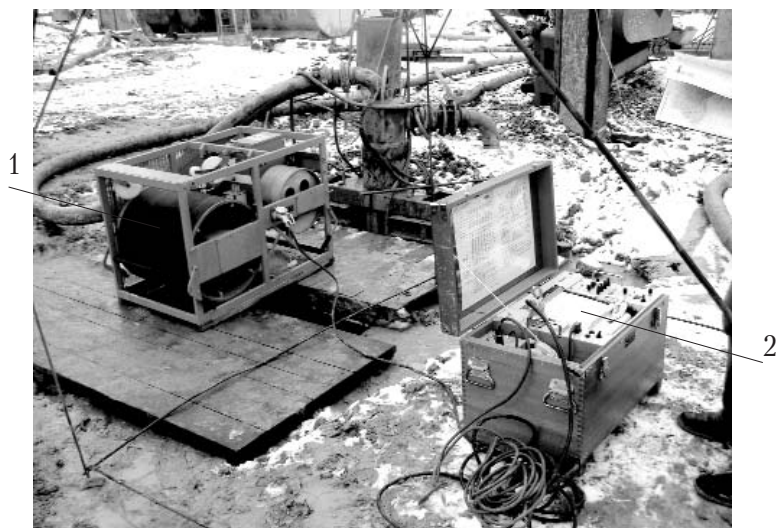


Рис. 1. Загальний вигляд бурового монітору DM-682:

1 — лебідка з датчиком; 2 — блок управління з самописним пристроєм

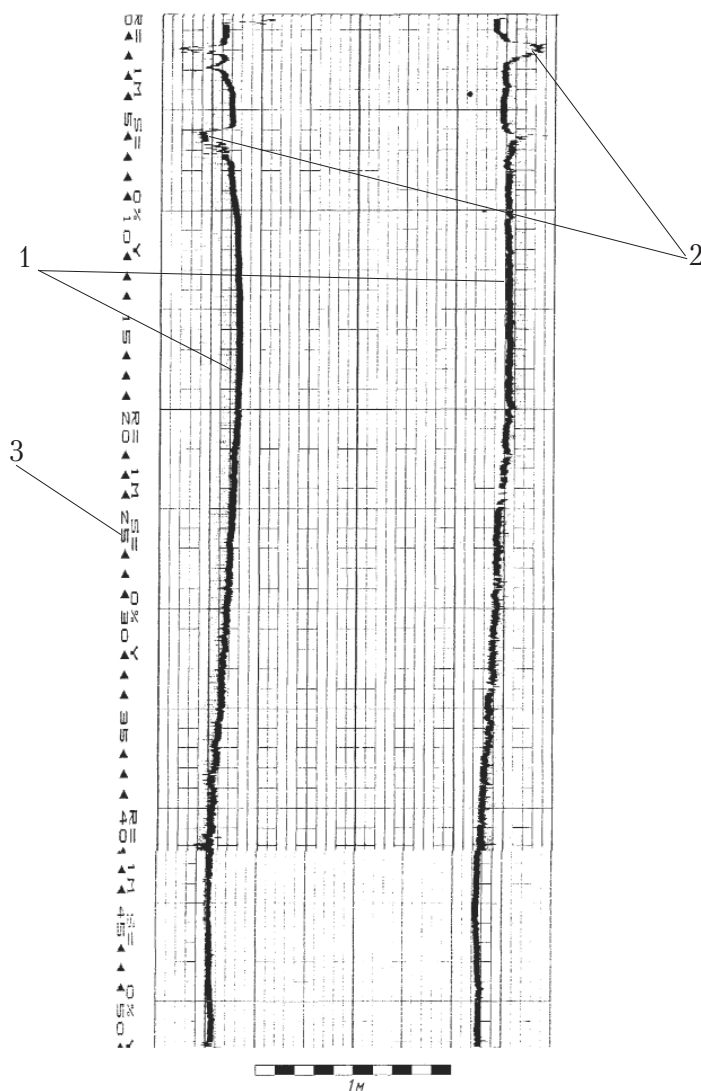


Рис. 2. Конфігурація ґрунтової виїмки під барету шириною 1,5 м та глибиною 52 м у вертикальному розрізі:

1 — протилежні стіни виїмки; 2 — вивал ґрунту; 3 — показник глибини

глибини виїмки, відхилення її від вертикалі, наявності вивалів ґрунту, їх висотні та кількісні показники тощо. На рисунку 2 зображено конфігурацію стінок ґрунтової виїмки під барету одного з об'єктів будівництва у м. Києві.

Одним із наочних прикладів використання бурового монітору DM-682 є виконані в 2010 році дослідження ґрунтових виїмок під залізобетонні палі та барети глибиною до 62 м на будівництві у м. Києві найвищого в Україні громадського центру, який матиме 8-рівневий підземний паркінг та 210-метрову надземну частину [2]. Будівля зводиться в умовах щільної міської забудови. Підземна частина споруджується методом top-down, причому верхня частина влаштованих із денної поверхні барет та паль у подальшому слугуватиме несучими колонами паркінгу. За таких умов контроль якості улаштування фундаментів будівлі та несучих колон підземного паркінгу є надзвичайно важливим.

Особливістю конструкції досліджуваних залізобетонних паль діаметром 1 м було їх армування. Верхня частина палі до глибини 30 м армувалась балкою у вигляді вертикального металевих двотаврового сердечника перерізом 45x45 см, а нижня частина палі — у вигляді звичного просторового армокаркаса. Занурення армокаркаса на забій свердловини проблем не викликало, оскільки армокаркас має достатню гнучкість і здатен повторювати контур свердловини. Але монтаж у свердловину металевих балки в деяких випадках викликав труднощі, а саме: балка не опускалась до глибини 30 м. Оскільки свердловини виконувались під глинистим розчином, то візуально визначити причину складності монтажу балки було неможливо, тому свердловини досліджувались ультразвуковим методом за допомогою бурового монітору DM-682. Дослідженнями встановлено, що конфігурація таких свердловин по глибині мала хвиле-

подібну форму зі значними відхиленнями стінок у плані (до 550 мм), а оскільки металева балка мала високу жорсткість, то в певний момент монтажу її заклинювало у ґрунті. Отримавши конфігурацію свердловини, підрядниками було внесено корективи до процесу монтажу, що дозволило встановити металеві балки на їх проектні відмітки.

У випадку відсутності контролю дотримання технології влаштування конструкцій глибокого закладання постає питання якості їх виконання. Зі зрозумілих причин візуально перевірити влаштовану під землею конструкцію неможливо. У цьому випадку знову в нагоді стають ультразвукові та акустичні методи неруйнівного контролю.

Інститут будівельного виробництва для контролю якості влаштування паль неруйнівним методом використовує акустичний прилад для дослідження параметрів паль РЕТ (виробництва Великобританії). Робота цього приладу базується на принципі збудження акустичної хвилі (шляхом нанесення удару спеціальним ручним молотком по оголовку досліджуваної палі) та зняття вертикально встановленим на оголовку палі датчиком показників акустичного відгуку з подальшою його фіксацією на комп'ютері. У результаті аналізу отриманих даних встановлюється глибина палі та розмір можливого відхилення її поперечного перерізу від проектного діаметра з показанням відмітки відхилення по глибині палі. Неруйнівний контроль приладом РЕТ дозволяє його використання в польових умовах при дослідженні паль усіх типів та способів улаштування. Загальний вигляд та принципова схема роботи акустичного приладу РЕТ зображена на рисунках 3 та 4.

За допомогою акустичного приладу для дослідження параметрів паль РЕТ НДІБВ виконує контроль якості влаштування паль ряду будівельних об'єктів.



Рис. 3. Загальний вигляд акустичного приладу РЕТ під'єднаного до комп'ютера:

- 1 — акустичний датчик; 2 — спеціальний ручний молоток;
3 — переносний комп'ютер; 4 — робоча та запасні ударні насадки молотка

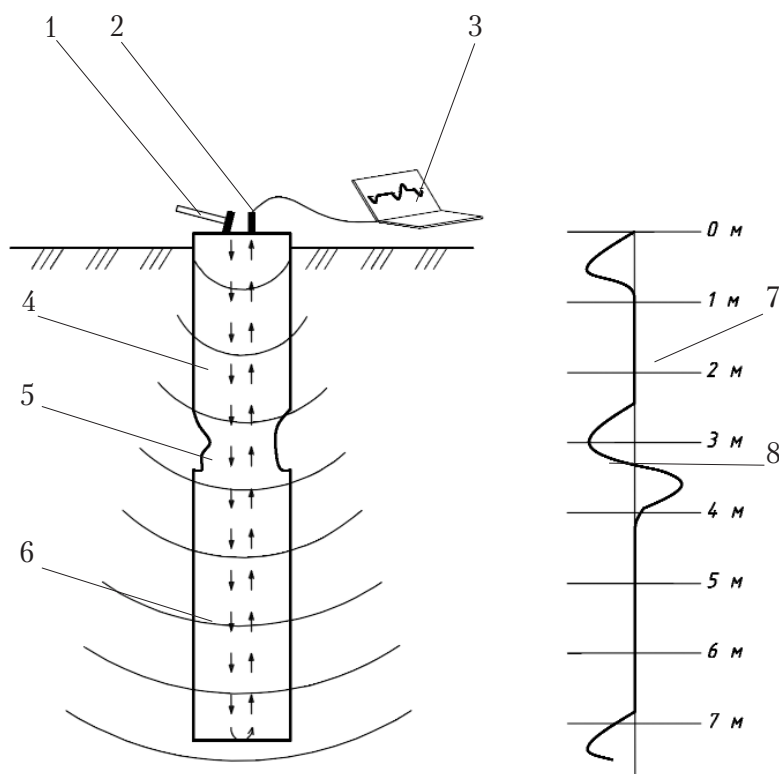


Рис. 4. Принципова схема роботи акустичного приладу РЕТ:

- 1 — спеціальний ручний молоток; 2 — акустичний датчик; 3 — переносний комп'ютер; 4 — досліджувана палля; 5 — дефект палі; 6 — акустична хвиля; 7 — акустичний відгук у вигляді рефлектограми, зафіксований на комп'ютері; 8 — зображення дефекту на рефлектограмі



Рис. 5. Загальний вигляд ультразвукового приладу CHUM:

1 — ультразвукові датчики; 2 — напрямні ролики датчиків; 3 — переносний комп'ютер; 4 — бухти електрокабелів від датчиків

На будівництві найбільшого в Україні Кафедрального собору, що споруджується у м. Києві, в 2010-2011 роках було досліджено 577 залізобетонних буронабивних паль глибиною 28,5 м та діаметром 820 мм [3]. У результаті досліджень встановлено глибини паль, відмітки яких знаходяться в допустимих межах коливання, та виявлено зменшення поперечного перерізу деяких паль від проектного на величину до 5%, що не впливає на несучу здатність фундаменту в цілому.

На реконструкції НСК "Олімпійський" виконано дослідження буронабивних паль підпірної стіни ПС-14а та продовжується дослідження паль підпірних стін і фундаменту електропідстанції "Олімпійська". На разі не виявлено відхилень, вартих уваги.

Натомість на будівництві одного з житлово-офісних комплексів у м. Києві з 50 досліджених буронабивних паль діаметром 620 мм та глибиною до 19 м, що виконувались під глинистим розчином, виявлено суттєві дефекти у понад 10 паль. Дослідження показали, що найбільш дефектна паля коротша порівняно з проектними вимогами (або має обрив суцільності бетонування на цій глибині) на 3,5 м, що складає близько 20% довжини палі. За результатами досліджень НДІБВ підготував рекомендації про необхідність влаштування дублюючих паль.

НДІБВ експериментально встановлено, що досліджувати палі акустичним приладом РЕТ можна і через влаштований ростверк, але для цього необхідно визначити точне місце розташування

палі у плані.

На будівництві Кафедрального собору у м. Києві суцільність бетонування 9 паль додатково було досліджено міжсвердловинним ультразвуковим монітором CHUM (метод Ultrasonic). Цей спосіб контролю якості влаштування підземних конструкцій є більш коштовним ніж контроль із використанням приладу РЕТ, але водночас і більш надійним.

Метод Ultrasonic полягає в ультразвуковому скануванні бетону паралельним та синхронним підйомом двох датчиків у тілі досліджуваної конструкції. Для цього до бетонування конструкції необхідно у ній влаштувати на всю висоту дві або більше металеві труби (вертикально та паралельно), які заповнити водою. Отримані від датчиків у процесі

сканування бетону сигнали фіксуються на переносному комп'ютері та в подальшому здійснюється їх аналіз, який дозволяє визначити суцільність або виявити місця можливих порушень суцільності бетону досліджуваної конструкції. Загальний вигляд та принципова схема роботи ультразвукового приладу CHUM зображена на рисунках 5 та 6.

Виконувати контроль суцільності бетонування методом Ultrasonic доцільно після набуття бетоном 28-денної міцності — до цього часу відбувається більшість усадкових процесів тужавіння бетону.

У результаті виконаних ультразвуковим методом Ultrasonic досліджень 9 паль на будівництві Кафедрального собору була визначена їх глибина та встановлено, що ці палі не мають порушень суцільності бетонування. Ці результати збіглися з отриманими раніше за допомогою акустичного приладу РЕТ. Роботи з дослідження паль на будівництві Кафедрального собору виконувалися разом з ізраїльською фірмою ISOTOP LTD.

У дослідженні 9 паль Кафедрального собору було використано два методи контролю (ультразвуковий та акустичний) задля додаткової гарантії точності результатів досліджень, оскільки ці палі НДІБВ обладнав вібраційними тензодатчиками для здійснення моніторингу напруженого стану фундаментів під час будівництва та експлуатації Кафедрального собору [4]. Кожна з паль обладнана десятьма датчиками, які встановлено на чотирьох рівнях по глибині у різних геологічних шарах ґрунту. При влаштуванні цих паль НДІБВ

здійснював ретельний контроль за технологією їх улаштування, починаючи від етапу буріння свердловини та завершуючи етапом бетонування.

Підсумовуючи наведене, можна зробити такі висновки:

1. Контроль якості влаштування підземних конструкцій у вигляді паль, барет та "стіни в ґрунті" є важливою та необхідною частиною комплексу будівельних робіт нульового циклу та дозволяє забезпечити надійність об'єкта будівництва та оточуючих споруд.

2. Здійснювати комплексні дослідження якості влаштування підземних виїмок та паль неруйнівним способом дозволяють ультразвукові та акустичні методи контролю.

3. Виявлення на ранніх етапах будівництва недоліків улаштування підземних конструкцій дозволяє своєчасно відкоригувати технологію та усунути виявлені дефекти, що скорочує витрати на непередбачені роботи.

4. Виконання комплексних досліджень якості влаштування підземних конструкцій та ґрунтових виїмок дозволить систематизувати вплив різних чинників на якість влаштування цих конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галинський А.М. "Особенности строительства подземных выемок и фундаментов глубокого заложения в условиях плотной застройки" / О.М. Галинський // Нові технології в будівництві, 2010. — №1(19). — С. 3-8.

2. Звіт про НДР "Дослідження зміни поверхні стінок по глибині 22 (двадцять двох) ґрунтових виїмок під барети у глинистому розчині за допомогою бурового монітора DM-682".

3. Звіт про НДР "Проведення контролю якості улаштування паль на будівництві Кафедрального собору у м. Києві по Залізничному шосе, 3".

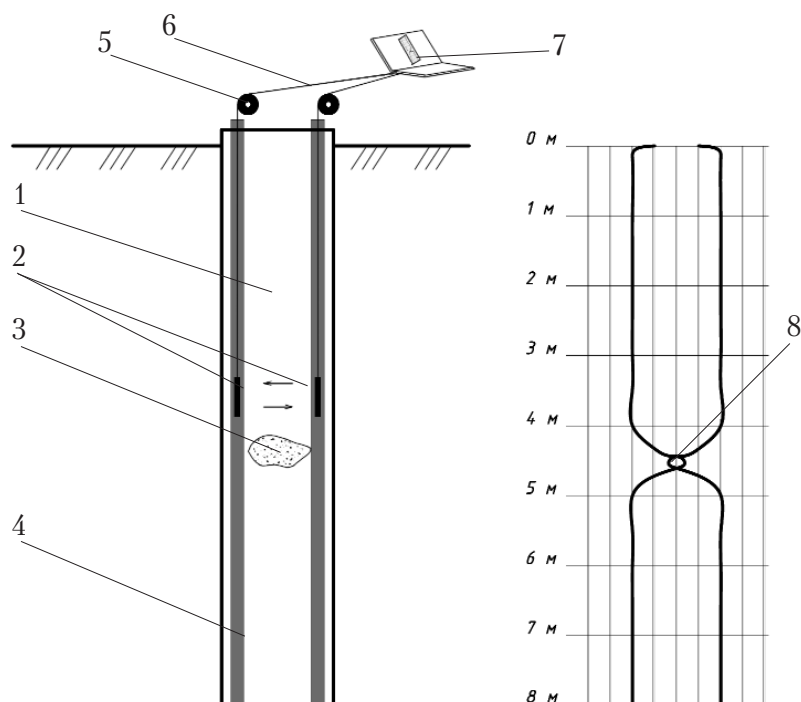


Рис. 6. Принципова схема роботи ультразвукового приладу СНУМ: 1 — досліджувана палля; 2 — ультразвукові датчики; 3 — дефект палі; 4 — заповнена водою металева труба; 5 — напрямний ролик датчика; 6 — електрокабель датчика; 7 — переносний комп'ютер; 8 — отримане на комп'ютері зображення дефекту палі

4. Звіт про НДР "Обладнання контрольних паль для ведення моніторингу їх стану при спорудженні Кафедрального собору у м. Києві по Залізничному шосе, 3".

АННОТАЦІЯ

Рассмотрены вопросы важности контроля качества устройства конструкций фундаментов глубокого заложения, подпорных и несущих заглубленных стен с использованием методов ультразвукового и акустического контроля.

Ключевые слова: ґрунтова виїмка, свая, ультразвуковою, акустический контроль.

ANNOTATION

Consideration of matters of quality control in the process of constructing structures of deep foundations, retaining and supporting walls using techniques of ultrasonic and acoustic control.

Keywords: absension in ground, pile, ultrasonic, acoustic control.

УДК 624. 131. 2; 725

*П.Є. Григоровський, к. т. н.; Ю.В. Дейнека;
Л.О. Косолап, НДІБВ*

СКЛАД БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У БУДІВНИЦТВІ

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається можливість і необхідність застосування інформаційної експертної системи для вибору засобів виконання геодезичних робіт та принцип її дії. Визначені основні фактори впливу на вибір засобів геодезичного забезпечення та підхід до оцінки їх впливу на цей вибір. Представлено можливий варіант кінцевого вибору експертною системою необхідних засобів геодезичних робіт.

Ключові слова: геодезичне забезпечення, вибір засобів виконання геодезичних робіт, інформаційна експертна система, фактори впливу.

Геодезичне забезпечення — комплекс організаційних, технологічних, технічних та інших засобів, що спрямовані на забезпечення відповідності геометричних параметрів об'єктів будівництва вимогам проектної та нормативної документації.

Геодезичне забезпечення виконується на всіх етапах будівництва та є невід'ємною частиною технологічного процесу будівельного виробництва і відноситься до основних видів робіт. Геодезичні роботи необхідно виконувати відповідно до єдиного графіка, ув'язаного зі строками та технологією виконання загальнобудівельних, монтажних та спеціальних робіт. Тому витрати часу на виконання геодезичних робіт із належною точністю впливають на терміни виконання технологічних процесів будівельного виробництва. Зменшення витрат часу на геодезичні роботи без збитків у точності є дуже актуальною темою сучасного будівництва.

Рішення про вибір тих чи інших засобів геодезичного забезпечення для виконання конкретних робіт зазвичай приймає геодезист. Це рішення є дуже суб'єктивним. Воно залежить від досвіду геодезиста не тільки в галузі геодезії, але й у будівництві і навіть від його настрою. А при виборі потрібно враховувати не тільки потрібну точність, але й інші фактори, тобто вартість засобів, продук-

тивність праці, яка прямо впливає на термін виконання робіт. Також повинні бути враховані і інші критерії, які звичайно ігноруються (екологічні, ергономічні, природні та інші). Рішенням цієї задачі може бути інформаційно-експертна система, описана в [1], яка дозволяє зробити такий вибір і не дуже досвідченому геодезисту, адже вона функціонує на основі експертних знань.

В основі інформаційно-експертних систем знаходяться спеціалізовані знання так званих експертів. Експерт — це людина, що має знання або практичні навички, що невідомі для більшості людей. Експерт може розв'язувати задачі, які більшість людей не може цього зробити, чи розв'язує їх більш ефективно. В якості знань в експертних системах можуть застосовуватись експертні знання або знання, які можуть бути одержані з відповідної літератури.

В основі інформаційно-експертної системи лежать знання, на підставі яких система формує висновки. Ці висновки є відповіддю експертної системи на запити користувача, який хоче використати ці знання. Чим більше знань у базі, тим більш оптимальним буде вибір системи. В галузі знань експертна система виробляє логічні висновки за тим же принципом, що і людина-експерт.

Інформаційно-експертні системи мають такі особливості:

- * експертні знання нікуди не зникають і можуть бути використані не дуже досвідченими спеціалістами;

- * знання для експертної системи можуть бути одержані від кількох експертів, що дозволяє підвищити вірогідність прийняття правильного рішення;

- * експертна система завжди може пояснити, на основі яких критеріїв прийнято рішення, в той час як людина-експерт часто робить вибір суб'єктивно на основі досвіду і часто сама не може пояснити вибір, а пояснення підвищує довіру до прийнятого рішення.

Але знання експертів досить суб'єктивні і практично немає можливості виразити їх чіткими значеннями. Тому в експертній системі використовуються правила нечіткої логіки і знання експертів вводяться в якісній формі (наприклад, задовільно, добре, відмінно). Вони і складають бібліотеку експертних знань — базу знань. А експертна система проводить фазифікацію — визначення ступеня належності, який відповідає чітким значенням вхідних параметрів. Блок нечіткого логічного вис-

новку одержує інформацію у вигляді нечіткої множини. Блок дефазифікації здійснює процес перетворення нечітких висновків експертної системи в чіткі значення. Алгоритм прийняття рішення базується на понятті ступеня істинності. Ступінь істинності в даному випадку — це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу геодезичних робіт для кожного засобу кожної геодезичної роботи.

В описаній системі використовуються наступні фактори впливу на вибір засобів геодезичного забезпечення:

- * точність робіт;
- * затрати часу на виконання роботи, продуктивність праці;
- * відносна вартість засобів;
- * кількість геодезистів та допоміжного персоналу;
- * зручність використання, ергономічність;
- * придатність роботи в різних кліматичних умовах (день — ніч, літо — зима);
- * вага та габарити.

Для опитування експертів необхідно визначити параметри, за якими експерти повинні оцінювати фактори впливу, з тим, щоб їх оцінки були порівнювальними.

Точність робіт — це найбільш важливий фактор впливу. Ступінь належності його має бути вибраний з трьох значень — задовільно, добре, відмінно. Задовільно — це оцінка в разі забезпечення точності без будь-якого запасу. Оцінка незадовільно не використовується, бо при цьому просто не можна використовувати відповідний засіб. Ступінь важливості цього фактора може бути тільки один — високий.

Ступінь належності фактора продуктивності праці вибирається з таких значень: низький, середній, високий та дуже високий. Ступінь важливості фактора вартості оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Ступінь належності — вартість засобів визначається відносно вартості геодезичних робіт і може оцінюватись як малий, середній, високий та дуже високий. Якщо засіб геодезичного забезпечення є у виконавця робіт і купувати його не потрібно, оцінка може бути одна — мала. Ступінь важливості фактора вартості оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Ступінь належності фактора кількості допоміжного персоналу може оцінюватись як малий, середній, високий. Ступінь важливості фактора

оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Ступінь належності фактора ергономічності може оцінюватись як малий, середній, високий. Ступінь важливості фактора оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Ступінь належності фактора придатності роботи в різних кліматичних умовах залежить від умов, у яких будуть виконуватись роботи і може оцінюватись як малий, середній, високий. Ступінь важливості фактора оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Ступінь належності фактора ваги та габаритів може оцінюватись як малий, середній, високий. Ступінь важливості фактора вартості оцінюється одним із значень — низький, середній, високий.

Результатом фазифікації всіх оцінок факторів для всіх засобів геодезичного забезпечення для кожної геодезичної роботи будуть нечіткі множини.

$$A_m = \{\mu A(x_1)/x_1; \mu A(x_2)/x_2; \dots \mu A(x_n)/x_n\},$$

де A_m — нечітка множина, що характеризує фактор m ;

$\mu A(x_n)$ — ступінь належності цього фактора для засобу геодезичного забезпечення x_n .

Експертна система з цих даних сформує для кожної геодезичної роботи свою множину

$$B_l = \{\mu B(y_1)/y_1; \mu B(y_2)/y_2; \dots \mu B(y_k)/y_k\},$$

де B_l — нечітка множина, що характеризує конкретну геодезичну роботу k ;

$\mu B(y_k)$ — ступінь належності засобу для виконання геодезичної роботи y_k .

Експертна система для кожної геодезичної роботи проводить дефазифікацію і визначає значення істинності для кожного засобу геодезичного забезпечення. Тобто для кожної роботи визначають одне значення істинності D , яке відповідає конкретному засобу виконання геодезичних робіт

$$D = \sum_{i=1}^n \mu B_{yn} / n,$$

де y_n — n -й фактор впливу;

i — кількість факторів впливу: $i=1\dots n$.

За результатами обчислень система вибирає той засіб геодезичного забезпечення, який має найвище значення істинності. При виконанні

декількох робіт, оптимальні засоби для яких різні, може бути вибраний один із засобів як найбільш оптимальний, чи декілька, якщо засіб, що використовується для однієї роботи, не може бути зас-тосований для іншої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Григоровський П. Є., Дейнека Ю. В., Косолап Л.О. Деякі особливості вибору методів виконання геодезичного забезпечення при будівництві НСК "Олімпійський" // *Нові технології в будівництві, 2010. — №1 (19). — С. 9-15.*

2. Палкин Н.А. "Нечеткая логика — математические основы". *Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей. М.: 08.11.2010.*

3. Мелихов А.Н. и др. *Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.*

АННОТАЦІЯ

В статье рассмотрена возможность и необходимость использования информационной экспертной системы для выбора средств геодезических работ и принцип ее действия. Определены основные факторы влияния на выбор средств геодезического обеспечения и подход к оценке их влияния на этот выбор. Представлен возможный вариант конечного выбора экспертной системой необходимых средств геодезического обеспечения.

Ключевые слова: геодезическое обеспечение, выбор средств выполнения геодезических работ, информационная экспертная система, факторы влияния.

ANNOTATION

Possibility and necessity of the use of informative consulting model for the choice of facilities of geodesic works and principle of her action are considered in the article. The basic factors of influence on the choice of facilities of the geodesic providing and going are certain near the estimation of their influence on this choice. The possible variant of eventual choice is presented by the consulting model of necessary facilities of the geodesic providing.

Keywords: the Geodesic providing, choice of facilities of implementation of geodesic works, informative consulting model, factors of influence.

УДК 624. 131. 2; 725

П. Є. Григоровський, к. т. н.; Ю. В. Дейнека; Л.О. Косолап, НДІБВ

ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У БУДІВНИЦТВІ

АННОТАЦІЯ

У статті висвітлено особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт. Обґрунтовано необхідність розроблення інформаційної експертної системи для вибору засобів геодезичного забезпечення з використанням елементів нечіткої логіки. Представлено варіант структурної схеми інформаційної системи. Визначені основні види геодезичних робіт та засоби геодезичного забезпечення, що повинні складати основу інформаційної системи. В статті сформульовано підхід до формування нечіткої бази знань.

Ключові слова: геодезичні роботи, вибір засобів виконання геодезичних робіт, інформаційна експертна система, нечітка логіка.

У статті [1] розглянуті деякі особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт при реконструкції НСК "Олімпійський", питання організації геодезичних робіт та вибору засобів і методів їх виконання з точки зору забезпечення мінімальних термінів виконання робіт, вартості, якості виконання будівельних робіт при забезпеченні їх проектної точності. У статті зроблена спроба вибору засобів і методів геодезичного забезпечення з використанням елементів нечіткої логіки на прикладі виконання монтажних робіт при будівництві покрівлі стадіону "Олімпійський" у місті Києві.

На сучасному рівні розвитку інформаційних технологій при зростанні об'єму інформації в галузі геодезичного забезпечення, складності і прецизійності будівельних об'єктів, постійного розширення засобів і методів геодезичних вимірювань постає проблема систематизації наукового і практичного знання та прийняття рішення на новій методологічній і технологічній інформаційній основі. Одним із рішень цієї проблеми є інформаційна експертна система, яка може забезпечити активний і науково обґрунтований вибір засобів і методів геодезичного забезпечення з ме-

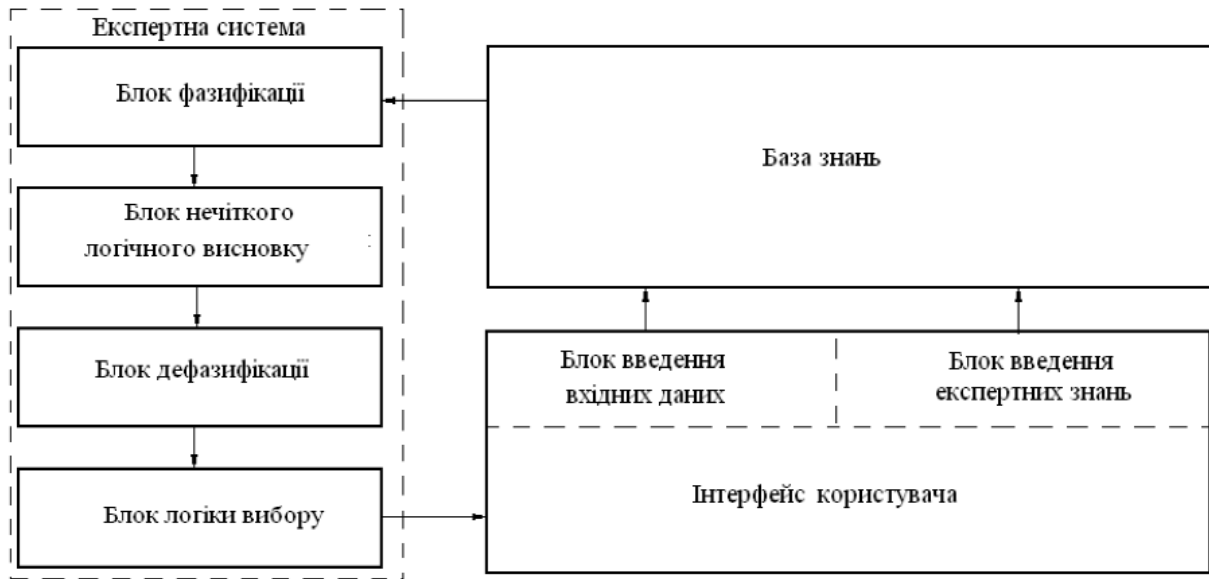


Рис. 1 Структурна схема інформаційно-експертної системи

тою виконання робіт у мінімальні строки з достатньою точністю та при мінімальних витратах коштів і достатній якості виконання будівельних робіт. При цьому можуть бути враховані і деякі інші критерії, які звичайно ігноруються (екологічні, ергономічні, природні та інші).

Крім того, експертна система має бути відкритою, тобто забезпечувати можливість її розширення та доповнення в майбутньому при появі нових методів і засобів виконання геодезичних робіт.

В основі розроблення інформаційної експертної системи для вибору засобів геодезичного забезпечення покладена структурно-функціональна схема, що представлена на рисунку 1.

Для розроблення такої системи необхідно розв'язати наступні задачі:

- * виконати аналіз сучасного стану геодезичного забезпечення у будівництві, визначити всі можливі геодезичні роботи в будівельній галузі;

- * визначити всі сучасні методи і засоби геодезичного забезпечення для виконання конкретних геодезичних робіт;

- * систематизувати сучасний рівень наукового і практичного знання в галузі геодезичного забезпечення та реалізувати його у вигляді бази даних засобів геодезичних робіт для інформаційної експертної системи;

- * визначити фактори впливу на вибір засобів геодезичного забезпечення;

- * вирішити завдання оптимальної оцінки всіх факторів впливу на вибір засобів геодезичного за-

безпечення з застосуванням елементів нечіткої логіки та розробити критерії оцінки всіх факторів впливу;

- * визначити критерії оптимального вибору одного або кількох засобів геодезичного забезпечення для виконання конкретних геодезичних робіт;

- * розробити інформаційну експертну систему з відкритою структурою, що дає змогу змінювати та доповнювати її.

Структурно-функціональна схема інформаційної експертної системи вибору засобів геодезичного забезпечення включає в себе базу знань, інтерфейс користувача та експертну систему. Оскільки не всі критерії можуть бути визначені чіткими значеннями і висновки експертів не завжди чіткі, то експертна система повинна використовувати елементи нечіткої логіки.

База знань включає в себе:

- інформацію про всі засоби виконання всіх видів геодезичних робіт (точність, вартість та інші);

- інформацію про всі фактори впливу на вибір засобів виконання геодезичних робіт (точність, вартість, трудомісткість, кількість допоміжного персоналу, ергономічність, час проведення робіт тощо);

- експертні критерії оцінки факторів впливу на вибір засобу геодезичного контролю.

Ця інформація і складає бібліотеку експертних знань - базу знань. А експертна система проводить фазифікацію — визначення ступеня належності,

який відповідає чітким значенням вхідних параметрів. Блок нечіткого логічного висновку одержує інформацію у вигляді нечіткої множини. Блок дефазифікації здійснює процес перетворення нечітких висновків експертної системи в чіткі значення.

Алгоритм прийняття рішення базується на понятті ступеня істинності. Ступінь істинності в даному випадку — це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу геодезичних робіт для кожного засобу кожної геодезичної роботи.

Інтерфейс користувача дозволяє вибрати геодезичні роботи, що потрібні для будівництва, вхідні дані про них (потрібна точність, вартість геодезичних робіт, наявність засобів геодезичного забезпечення) та деякі інші параметри. Інтерфейс керує процесом роботи експертної системи і виводить результати для індикації або друку.

У разі необхідності інтерфейс дає можливість ввести новий засіб виконання робіт та його параметри з тим, щоб у подальшому він використовувався поряд з іншими в експертній системі.

Експертна система на основі введених даних та експертних оцінок факторів впливу приймає рішення про вибір засобу геодезичного забезпечення для кожної геодезичної роботи окремо, а потім приймає рішення про вибір одного або декількох засобів для виконання всієї роботи.

База знань побудована на основі аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних вчених-геодезистів. Із аналізу робіт з інженерної геодезії можна визначити основні геодезичні роботи, які виконуються в процесі будівництва та моніторингу стану інженерних об'єктів:

- трасування лінійних споруд;
- створення інженерно-геодезичної мережі;
- розмічувальні роботи;
- геодезичні роботи при вертикальному плануванні будівельних майданчиків;
- передача осей на монтажний горизонт;
- передача висот на монтажний горизонт;
- вивірення елементів конструкцій у плані;
- вивірення елементів конструкцій за висотою;
- вивірення елементів конструкцій за вертикаллю;
- вивірення технологічного устаткування;
- контроль осідання споруд;
- вимірювання горизонтальних зміщень;
- контроль нахилів споруд.

Зазначені геодезичні роботи є основними. Всі інші є комбінацією вищезгаданих робіт. Вибір засобів геодезичного забезпечення для цих робіт значною мірою залежить від потрібної точності робіт, співвідношення вартості робіт та вартості необхідних засобів вимірювання (та їх відсутності), об'єму геодезичних робіт. Все це повинно враховуватись в експертній системі.

Вибір доступних засобів геодезичного забезпечення проводився на основі аналізу літератури в галузі геодезичного приладобудування [5], [6] та статей у наукових журналах та інших доступних засобах інформації.

Основні засоби геодезичного забезпечення можна умовно розділити на декілька груп:

- засоби для визначення позначок висот;
- засоби для вертикального проектування;
- засоби для кутових геометричних вимірювань;
- засоби для лінійних геометричних вимірювань;
- засоби для моніторингу споруд.

Засоби для визначення позначок висот включають:

- гідронівеліри;
- оптичні нівеліри;
- електронні нівеліри;
- електронні тахеометри;
- мікронівеліри;
- лазерні нівеліри;
- лазерні ротаційні нівеліри.

Засоби для вертикального проектування включають:

- електронні рейки-виски;
- оптичні теодоліти;
- електронні теодоліти;
- електронні тахеометри;
- оптичні зеніт-центрири;
- лазерні зеніт-центрири.

Засоби для кутових геометричних вимірювань включають:

- оптичні теодоліти;
- електронні теодоліти;
- електронні тахеометри.

До засобів лінійних геометричних вимірювань відносяться:

- лінійки;
- рулетки;
- мірні стрічки;
- лазерні рулетки;

- лазерні віддалеміри;
- електронні тахеометри.

Для моніторингу стану споруд можуть використовуватись як вищезгадані засоби, так і наступні:

- * системи контролю просідання споруд на основі гідронівеліра;
- * датчики нахилу;
- * автоматичні електронні тахеометри.

Фактори впливу — це основні фактори, що впливають на вибір засобів виконання геодезичних робіт. Оскільки вплив цих факторів є не дуже чітким, рішення залежать від технологічних, технічних, метрологічних критеріїв, від суб'єктивного підходу виконавців робіт і навіть від природних факторів, вони визначаються з досвіду та опитування експертів — спеціалістів в галузі геодезії. В цій експертній системі вибрані такі фактори впливу:

- * точність робіт;
- * затрати часу на виконання роботи, продуктивність праці;
- * відносна вартість засобів;
- * кількість геодезистів та допоміжного персоналу;
- * зручність використання, ергономічність;
- * придатність роботи в різних кліматичних умовах (день — ніч, літо — зима);
- * вага та габарити.

Чітких критеріїв для вибору засобів геодезичного забезпечення в залежності від факторів впливу не існує. Це можна визначити тільки на основі експертних висновків професійних геодезистів. Рішення про той чи інший вибір приймається експертною системою на основі оцінок експертів.

У більшості випадків ця інформація неоднозначна і тому доволі важко може визначатись точними кількісними відношеннями, тим більше що експерт при прийнятті рішень виходить зі своїх суб'єктивних уявлень.

У таких умовах актуальним є застосування експертних систем на основі нечіткої логіки, які дозволяють аналізувати як кількісну інформацію, так і експертну інформацію якісного характеру, і на основі цього розв'язувати поставлені задачі. Мова нечіткої логіки - це найбільш адекватний математичний апарат, який дозволяє максимально скоротити перехід від якісного опису до числових кількісних оцінок його стану і сформулювати на цій

основі прості і ефективні алгоритми, тобто дозволяє моделювати людську можливість розв'язання задач.

Методики, що побудовані на положеннях нечіткої логіки, дають можливість використовувати приблизні, але в той же час достатньо ефективні методи описання погано визначених систем, для аналізу яких нема можливості застосувати стандартні кількісні математичні методи. При цьому всі теоретичні обґрунтування даного підходу є достатньо точними і не є самі по собі джерелом невизначеності.

Для використання методів нечіткої логіки вводиться поняття ступеня належності. Ступінь належності ставить у відповідність фактору впливу число в діапазоні 0..1, яке характеризує ступінь впевненості у відповідності з цим засобом фактора впливу. Наприклад, якщо засіб не забезпечує виконання точності робіт (фактор впливу), то ступінь належності дорівнює 0, а якщо метод забезпечує точність з деяким запасом, - 1. При забезпеченні точності з проміжною величиною запасу ступінь належності може визначатись величиною в діапазоні 0..1.

Ступінь належності повинен включати в себе і важливість цього фактора на прийняття рішення. Наприклад, точність та вартість геодезичних робіт дуже важлива і буде мати вирішальне значення для вибору, а, наприклад, ергономічність приладів - менш важлива. Оскільки оцінити ступінь належності з врахуванням і важливістю цих факторів практично дуже складно, то вводиться ще одне поняття — ступінь важливості. Ступінь важливості факторів впливу ставить у відповідність фактору число в діапазоні 0..1, яке характеризує ступінь впливу фактора на прийняття рішення про вибір засобів геодезичних робіт.

Наведений ступінь належності (μ) (далі — просто ступінь належності) — це результат множення ступеня належності на ступінь важливості, причому ці значення можуть бути різними для різних геодезичних робіт та різних засобів геодезичних робіт. Тоді кожному фактору впливу можна поставити у відповідність нечітку множину

$$A_m = \{\mu A(x_1)/x_1; \mu A(x_2)/x_2; \dots; \mu A(x_n)/x_n\},$$

де A_m — нечітка множина, що характеризує фактор m ;

$\mu A(x_n)$ — ступінь належності цього фактора для засобу геодезичного забезпечення x_n .

Такі множини повинні бути сформовані для кожної геодезичної роботи зі своїм набором засобів геодезичного призначення та своїми значеннями ступеня належності. Експертна система для кожної геодезичної роботи визначає значення істинності для кожного засобу геодезичного забезпечення. Значення істинності - це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу геодезичних робіт для кожного засобу кожної геодезичної роботи. Тобто для кожної роботи визначають одне значення, яке характеризує сумарний ступінь належності всіх факторів до конкретного засобу. Для цього використовується середнє від всіх значень $\mu A(x_n)$ множин, що характеризують конкретну геодезичну роботу. У результаті буде отримано для кожного засобу своє значення істинності, а найбільше значення істинності вказує на найбільш прийнятний засіб геодезичного забезпечення.

Значення істинності для кожного засобу можна визначити як величину наведених ступенів належності всіх факторів даному засобу, тобто

$$D = \sum_{i=1}^n \mu A(x_n) / n,$$

де x_n - n -й фактор впливу;

i - кількість факторів впливу. $i=1...n$;

При складних геодезичних роботах може бути для кожної зі складових свій оптимальний засіб виконання робіт. У такому разі варто вибирати той, що застосовується для найбільш складних робіт. У деяких випадках можуть використовуватись і декілька засобів геодезичних робіт. Це може бути при неможливості застосування одного засобу або якщо засіб для другої роботи має дуже низьке значення істинності.

Для проведення експертних оцінок ступеня належності та ступеня важливості потрібно виробити чіткі критерії прийняття рішень експертною комісією за факторами впливу та ступенями важливості факторів впливу, оскільки таких критеріїв досі немає.

Інформаційна експертна система - це найбільш високий рівень інформаційного забезпечення і її розроблення в галузі геодезичного забезпечення є роботою на майбутнє.

ЛІТЕРАТУРА

1. Григоровський П. Є., Дейнека Ю. В., Косолап Л.О. Деякі особливості вибору методів виконання

геодезичного забезпечення при будівництві НСК "Олімпійський" // Нові технології в будівництві, 2010 — №1 (19) — С. 9-15.

2. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия /Е.Б Ключин и др.; под ред. проф. Д.М. Михеева. — М.:Академия, 2008.

3. Шевченко Т.Г. Геодезичні прилади / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. — Л.: Львівська політехніка, 2006.

4. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение / Х.К. Ямбаев, Н.Х. Голыгин. — М.: Недра, 2005.

5. Палкин Н.А. Нечеткая логика — математические основы. Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей. М.: 08.11.2010.

6. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М., Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.

АННОТАЦИЯ

В статье освещены особенности выбора средств выполнения геодезических работ. Обоснована необходимость разработки информационной экспертной системы для выбора средств геодезического обеспечения с использованием элементов нечеткой логики. Представлен вариант структурной схемы информационной системы. Определены основные виды геодезических работ и средства геодезического обеспечения, которые должны составить основу информационной системы. В статье сформулирован подход к формированию нечеткой базы знаний.

Ключевые слова: геодезические работы, выбор средств выполнения геодезических работ, информационная экспертная система, нечеткая логика.

ANNOTATION

The features of choice of facilities of implementation of geodesic works it is presented in the article. The necessity of development of informative consulting model is grounded for the choice of facilities of the geodesic providing with the use of elements of fuzzy logic. The variant of flow diagram of the informative system is presented. The basic types of geodesic works and facilities of the geodesic providing, which must make basis of the informative system, are certain. Going near forming of unclear base of knowledge's is formulated in the article.

Keywords: Geodesic works, choice of facilities of implementation of geodesic works, informative consulting model, fuzzy logic.

УДК624.131.2;725

*И.В. Кедьк, ООО "Солдата Украина"***АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬСТВА
ВЫСОТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА*****АННОТАЦИЯ**

В статье на примере возводимого в Киеве высотного объекта экспериментального строительства продемонстрировано использование современных технических разработок компании SolData, которые позволяют оперативно в режиме реального времени отслеживать и упреждать деформационные процессы возводимых сооружений и прилегающей застройки будущего общественного центра. Дана характеристика основных составляющих системы мониторинга, обеспечивающих контроль состояния котлована, фундамента, прилегающих территорий, а также жилых домов и зданий, находящихся в зоне влияния деформации.

В статье рассмотрены ключевые направления использования автоматизированной системы мониторинга: мониторинг уровня подземных вод, определение смещений и деформации в опорных конструкциях, мониторинг напряжения в конструкциях фундамента, наблюдения деформации, крена и осадки прилегающих зданий и сооружений, а также примыкающей территории и т.д.

Использование описанной системы мониторинга позволяет не только своевременно отслеживать нежелательные процессы, связанные со строительством общественного центра, но и сопоставлять и прогнозировать возможные риски, что делает возможным их качественное управление.

Ключевые слова: высотные здания, геотехнический и геодезический мониторинг, автоматизированные комплексы, деформации, осадки и крены, измерительные приборы, данные измерений.

Современные строительные технологии и материалы позволяют возводить уникальные, в том числе и высотные здания, рассчитанные на длительную эксплуатацию, однако проблемы долговечности, надежности и сохранности таких сооружений год от года становятся все значимее и важнее. Вопросы надежности высоток усугубляются тем, что

*Кольорові рисунки 3, 4, 5 до статті див. на стор. 38

зачастую такие комплексы возводятся на площадях, на которых ранее строительство не осуществлялось. Это надпойменные террасы рек, склоны оврагов и речных долин, заболоченные площади, насыпные грунты, участки развития карста, отмечаемые оползнями, провалами почвы и т. д.

Более того, возведение новостроек значительных размеров в условиях стесненного строительства в городах неизбежно оказывает влияние на существующую застройку, находящуюся в зоне их влияния. В связи с этим геотехнический и геодезический мониторинг должен быть неотъемлемой частью работы по проектированию, на этапе реализации строительства, отвечать требованиям безопасной эксплуатации и качественного возведения конструкций на различных этапах строительства.

Основные параметры, подлежащие мониторингу, зависят от гидрогеологических и грунтовых особенностей местности, а также от проекта выполнения земляных работ, возведения опорных конструкций и фундамента. Наблюдаемые параметры, определяемые конструкцией здания, связаны с напряженно-деформационным состоянием надземной структуры и зависят как от приложенных нагрузок, так и от осадочных искривлений фундамента. Ниже приведен перечень параметров, подлежащих измерениям, для подземной части высотного здания:

- уровень грунтовых вод и избыточное давление воды;
- давление на опорных конструкциях основания;
- механическая нагрузка на элементы жесткости (ядро жесткости, колонны, пилоны, стойки);
- общая и дифференциальная осадка фундамента;
- нагрузка и деформации в бетоне и в арматуре фундамента;
- поверхностные и глубинные смещения грунта.

Для надземной части высотного здания приведен перечень параметров, подлежащих измерениям:

- нагрузка и деформации в бетоне и в арматуре несущих элементов;
- смещение несущих элементов, отклонение их от вертикали;
- боковые движения стен здания.

Для прилегающей территории контролируемые параметры являются поверхностные и глубинные сдвиги грунта.



Рис. 1. Автоматизированный геодезический комплекс "Кентавр"

Для соседних и граничащих с новым строительством зданий, находящихся в зоне деформации, ключевыми параметрами мониторинга являются смещения и деформация конструкций.

Рассмотрим реализацию автоматизированной системы мониторинга на примере высотного объекта, возводимого в г. Киеве. Объект отнесен к сегменту уникального высотного строительства ввиду большой проектной высоты самого объекта и особенностей его возведения, а также отсутствия специальных наработок по сооружению подобных архитектурно-конструктивных комплексов. Проектная высота общественного центра составляет 210 м, подземная часть объекта будет представлять собой восьмиуровневый подземный паркинг. Функцию заказчика строительства, управляющей компании и технического надзора за строительством выполняет компания "KDD GROUP" [1].

В состав автоматизированной системы геотехнического и геодезического мониторинга входит ряд подсистем, обеспечивающих контроль состояния котлована, фундамента, прилегающих территорий, а также жилых домов и зданий, находящихся в зоне деформаций от нового строительства.

Далее представлены основные подсистемы, выполняющие мониторинг в режиме реального времени по таким направлениям:

Мониторинг уровня подземных вод двух водоносных горизонтов

Геотехнический мониторинг уровня грунтовых вод и избыточного давления воды осуществляется

в режиме реального времени с помощью системы скважинных пьезометров открытого типа, установленных на различных уровнях от поверхности земли (поверхностные уровни верхнего и нижнего водоносных горизонтов), которые размещены по периметру объекта строительства. Во избежание смешивания вод различных горизонтов в каждой скважине обустроен водонапорный стояк, состоящий из сплошных труб по всей его высоте и перфорированной трубы в нижней его части, которая является фильтром стояка и обеспечивает наполнение водой наблюдаемого водоносного горизонта. Каждая скважина оборудована датчи-

ком давления воды мембранного типа, который погружается в водонапорный стояк и передает данные в единицах высоты водяного столпа выше уровня установки датчика.

Геотехнический мониторинг деформаций и напряжений в конструкциях фундаментов

Определение механических нагрузок на конструкцию основания периметральных колонн, которой является стена в грунте, на элементы каркаса здания (сталежелезобетонные колонны) осуществляется с помощью устройства автоматизированной системы геотехнического мониторинга, состоящей из долговечных тензометрических датчиков струнного типа. В "стене в грунте" тензометрические датчики расположены на различных уровнях у основания колонн таким образом, что дают информацию о нагрузке, передаваемой колонной на "стену в грунте", а также о распределении этой нагрузки в обвязочной балке.

Мониторинг давления на опорных конструкциях основания

Согласно проекту мониторинговой системы для контроля давления фундаментальной плиты, запроектированной на глубине 28 м, на грунты основания запланирована установка датчиков давления. Это измерительное оборудование в сочетании с системой установленных тензометрических датчиков позволит оценить составляющую общей нагрузки от комплекса зданий, воспринимаемую и передаваемую на грунты основания "стеной в грунте" и фундаментальной плитой.

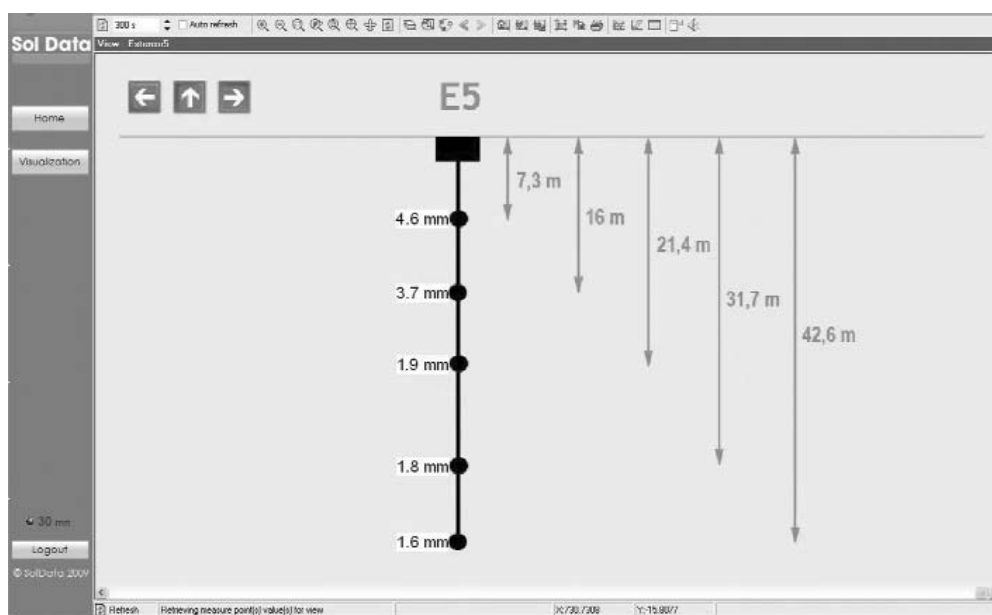


Рис. 2. Визуализация данных измерений многоуровневого скваженного экстензометра

Геотехнический мониторинг общей и дифференциальной осадки фундамента

На самом нижнем уровне строящегося комплекса (уровень фундаментной плиты) запланирована установка автоматизированной измерительной системы жидкостного уровня, которая с высокой точностью обеспечит контроль дифференциальной усадки здания. Эта измерительная система представляет собой сеть жидкостных датчиков поплавкового типа, размещенных на одном уровне на несущих элементах сооружения и объединенных воздушной и жидкостной линией с общим резервуаром. Минимальные изменения уровня любого датчика влияют на равновесие жидкого уровня всей системы и поэтому фиксируются в автоматическом режиме с точностью 0,1 мм.

Определение смещений и деформации в опорных конструкциях

Возможные смещения и деформации "стены в грунте", которая ограждает котлован и служит основанием периметральных колонн, контролируются методами инклинометрических измерений. Для этих целей по всему периметру в теле "стены в грунте" на всю ее глубину заложены обсадные трубы и обустроены инклинометрические скважины для геотехнических измерений.

Мониторинг смещений и деформации массивов грунта

Контроль прилегающей территории осуществляется с помощью системы грунтовых инклин-

метров и экстензометров, а также коммуникационных реперов и грунтовых реперов с закладными (рис.2).

Грунтовые инклинометрические скважины расположены как на территории, так и за пределами объекта строительства возле существующих жилых домов и других нежилых зданий; они дают информацию о горизонтальных перемещениях грунтовых масс на различных глубинах. Измерение осадки грунта осуществляется автоматизированными скважинными экстензометрами, которые установлены вблизи грунтовых инклинометров.

Принцип работы многоуровневого скважинного экстенсометра заключается в следующем: экстенсометр состоит из нескольких закладных анкеров, размещенных в скважине и приведенных в плотное взаимодействие с грунтом на определенной глубине. Каждый из закладных анкеров соединен с инварным стержнем, который вертикально выходит из скважины до уровня монтажной пластины и свободно скользит внутри защитного кожуха. Монтажная пластина расположена на вершине скважины, в ее оголовке. Движения закладного анкера, обусловленные вертикальным перемещением соответствующего слоя грунта, передаются стержнем вверх к измерительной головке и измеряются относительно монтажной пластины (поверхности земли). Результаты измерений осадки головки позволяют с высокой точностью определить абсолютную осадку во всех точках установки закладных анкеров.



Рис. 6. Установка приборов для наблюдения за деформациями, осадками прилегающего здания

Геодезический мониторинг приповерхностной осадки окружающей застройки

На территории строительства и за ее пределами установлена сеть реперов, коммуникационных и грунтовых с закладной, предназначенных для контроля приповерхностной осадки грунтов и ее влияния на существующие городские коммуникации (водо- и газопровод, теплотрасса, высоковольтные линии электропередачи).

Наблюдения деформации, крена и осадки прилегающих зданий и сооружений, а также примыкающей территории

Наблюдение за состоянием прилегающих жилых домов, нежилых зданий, а также примыкающих к объекту строительства автодорог и тротуаров осуществляется с помощью геодезического автоматизированного комплекса "Кентавр" (рис. 1-6).

Геодезический комплекс "Кентавр" состоит из высокоточных моторизированных тахеометров, оптических призм (точки наблюдения) и специализированного программного обеспечения, управляющего работой тахеометров и выполняющего математические расчеты для определения текущего положения точек наблюдения. Призмы наблюдения устанавливаются жестким креплением на поверхности наблюдаемого объекта (здание, сооружение). Кроме призм, являющихся точками наблюдения, в поле видимости каждого тахеометра установлены призмы — референции на зданиях, находящихся вне зоны деформации, которые счи-

таются неподвижными и служат для корректировки собственного положения тахеометра. Таким образом, входными данными для расчетов геодезического комплекса "Кентавр" служат оптические измерения положений совокупности призм наблюдения и призм - референций (измерения относительных углов и расстояния). За счет применения технологии групповых расчетов, включая данные от нескольких тахеометров, повышается точность определения текущего положения точек наблюдения и их изменения в общей трехмерной системе координат.

Автоматизированный комплекс геодезического мониторинга "Кентавр" обеспечивает также непрерывные наблюдения за осадкой примыкающей территории. Для этого в поле видимости каждого из тахеометров на дорожном покрытии люминесцентной краской отмечены точки наблюдения, измеряемые прибором в безотражательном режиме. Результатом расчетов положения наземных точек наблюдения есть одноосные изменения положения точки в вертикальном направлении, то есть определение просадки или возвышения грунтов.

Выявление амплитуды акусто-сейсмических вибраций несущих элементов конструкции прилегающих зданий

Автоматизированная система мониторинга общественного центра включает также подсистему "Горгона", которая обеспечивает непрерывные наблюдения уровня сейсмических вибраций несущих элементов соседних зданий. Подсистема "Горгона" состоит из датчиков вибрации и центрального прибора, обеспечивающего управление, сбор данных и анализ результатов измерений. Трехосные датчики вибрации — геофоны размещены в подвальных помещениях соседних к строительному объекту зданий и объединенных в единую сеть средствами радиосвязи. Подсистема акусто-сейсмического мониторинга "Горгона" позволяет фиксировать амплитуду колебаний, производить частотный анализ полученных данных и тем самым выполнять непрерывный мониторинг вибрации от строительных машин и механизмов, а также железнодорожной ветки, проходящей в непосредственной близости от площадки строительства. Данная подсистема мониторинга позволяет определять предельные значения для источников вибрации и принимать соответствующие меры по упреждению нежелательных явлений.

Автоматизация измерений и представление (визуализация) результатов

Данные измерений большинства из описанного оборудования и подсистем автоматически по каналам беспроводной связи поступают в центр управления, где размещен сервер системы мониторинга. Работой сервера управляет программное обеспечение "Geoscope", разработанное компанией "SolData" и позволяющее в автоматическом режиме обеспечивать обработку, хранение, удаленный авторизованный доступ и первичный анализ поступающих данных.

Одной из важных составляющих управляющей программы "Geoscope" является трехуровневая система оперативного оповещения. Принцип работы этой системы заключается в непрерывном сравнении текущих результатов измерений с их граничными значениями и в случае превышения граничных показателей немедленное извещение ответственного персонала во избежание неблагоприятных ситуаций и своевременного принятия решения.

Таким образом, обеспечение комплексного и ответственного подхода при выполнении мониторинга строительства общественного высотного центра в Киеве позволяет непрерывно контролировать динамику геологических и гидрологических процессов на всех этапах работ, связанных с возведением сооружения, равно как и на этапе его эксплуатации. В свою очередь, это дает возможность всем заинтересованным лицам оперировать надежной и актуальной информацией, сопоставлять и прогнозировать возможные риски, а в случае выявления неблагоприятных процессов - в кратчайшие сроки упреждать и предотвращать их.

ЛИТЕРАТУРА

Проектирование и строительство высотного общественного центра. Богдан А.С., Франивский А.А.// Жилищное строительство, 2009. — №11. — С.24-28.

АНОТАЦІЯ

У статті на прикладі споруджуваного у Києві висотного об'єкта експериментального будівництва продемонстроване використання сучасних технічних розробок компанії SolData, які дозволяють оперативно в режимі реального часу відстежувати і попереджати виникнення деформаційних процесів споруд, що будуються, та існуючої забудови майбутнього громадського центру.

Наведена характеристика основних складових системи моніторингу, що забезпечують контроль стану котловану, фундаменту, прилеглих територій, а також житлових будинків та споруд, що знаходяться в зоні впливу деформації.

У статті розглянуті ключові напрями використання автоматизованої системи моніторингу: моніторинг рівня підземних вод, визначення зміщень та деформації в опорних конструкціях, моніторинг навантаження в конструкціях фундаменту, спостереження деформації, крену та осідання прилеглих будівель, споруд та території тощо.

Використання описаної системи моніторингу дозволяє не тільки своєчасно відстежувати небезпечні процеси, пов'язані з будівництвом громадського центру, а й порівнювати та прогнозувати можливі ризики та здійснювати їх якісне управління.

Ключові слова: висотні будівлі, геотехнічний і геодезичний моніторинг, автоматизовані комплекси, деформації, осідання і крени, вимірювальні прилади, дані вимірювань

ANNOTATION

In this article by the example of the high building experimental construction in the city of Kiev the author has shown the use of SolData company's up-to-day technologies which allow in real time monitoring and prevention of deformations of buildings under construction and adjacent buildings of the future Sky Towers.

It is given the description of the main parts of the monitoring system ensuring the control of the state of the foundation pit, of the adjacent territories, residential buildings and structures as well. The key directions of use of the automatic monitoring system are considered as follows: monitoring of the underwater tables, displacements and deformations of bearing constructions, monitoring of strain and load in foundation constructions, monitoring of deformations, careens and settlements of the buildings, structures and territories, etc.

The author pays attention to the fact that the use of monitoring system allows not only the timely tracking of undesirable processes concerned with the construction of Sky Towers, but also comparison and forecasting of potential risks which means their high quality management.

Keywords: High-rise buildings, geotechnical and geodetic monitoring, automated systems, deformation, precipitation and roll, measuring instruments, measurement data.

УДК 624.131.2;69:006

*П. Є. Григоровський, к. т. н.;**Ю. В. Дейнека, НДІБВ***ОСОБЛИВОСТІ ДБН В.1.3-2:2010
"ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ У БУДІВНИЦТВІ"****АНОТАЦІЯ**

В статті представлені загальні вимоги та структура введеного в дію ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи в будівництві". Обґрунтована необхідність розроблення нового нормативного документа. Представлені правила виконання геодезичних робіт у будівництві, що охоплюють низку виробничих процесів, які виконуються на будівельному майданчику, — створення геодезичної розмічувальної основи для будівництва; розмічування внутрішньомайданчикових, лінійних споруд; створення внутрішньої розмічувальної мережі будівлі; геодезичний контроль точності геометричних параметрів будівель; геодезичні виміри деформацій основи, конструкцій будівель та їх частин.

Ключові слова: нормативний документ, геодезичні роботи в будівництві, точність, мережа, розмічувальні роботи, моніторинг.

Нормативна база України в галузі геодезії вкрай застаріла і потребує негайного оновлення. Здебільшого під час виконання геодезичних робіт дотримуються норм, стандартів, інструкцій, розроблених ще 30 — 40 років назад, які не враховують сучасного стану будівництва та можливості сучасних приладів та засобів геодезичних робіт. Чинні до 2010 року норми СНиП 3.01.03-84 "Геодезические работы в строительстве" були введені в дію 1 липня 1985 року. З того часу будівельний та геодезичний комплекс, як і весь господарський комплекс та устрій України, зазнав кардинальних змін — суттєво змінилося правове поле, в якому функціонує будівельна галузь, змінилася її нормативна база, зазнали суттєвої трансформації технічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення, що зробило нагальним розроблення нормативного документа державного рівня в сфері геодезичного забезпечення будівництва, що є обов'язковою частиною виробничого контролю якості будівельних робіт.

Завданням ДБН є створення такого нормативного документа, норми якого відповідатимуть су-

часному рівню розвитку будівельної та геодезичної галузі та сучасному стану правового та нормативного поля, в якому функціонує будівельний комплекс, а також встановлюватимуть правила виконання та приймання комплексу геодезичних робіт, як складової частини технологічного процесу будівельного виробництва, що забезпечують точну відповідність проекту та точність геометричних параметрів, координат і висотних позначок будинків і споруд при їх розмічуванні та зведенні. Вирішення зазначених завдань сприятиме якості виконання комплексних геодезичних робіт у будівництві та підвищенню якості продукції будівництва.

Тим більш значимим є офіційний вихід ДБН В.1.3-2:2010 "Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві" (далі — ДБН). ДБН розробили співробітники Науково-дослідного інституту будівельного виробництва у співпраці з Київським національним університетом будівництва та архітектури, Науково-виробничим інститутом метрологічного забезпечення вимірювання геометричних, механічних та віброакустичних величин, ВАТ ПТІ "Київоргбуд", АТ ХК "Київміськбуд" та ДочП "Укргеодезмарк" ВАТ "Київметробуд" відповідно до Технічного завдання, погодженого та затвердженого Міністерством регіонального розвитку та будівництва України. ДБН відноситься до класу В. "Технічні НД", підкласу В.1 "Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення", комплекс В.1.3 "Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві", згідно з додатком 1 ДБН А.1.1-1-93 "Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення", та поширюється на виконання та приймання геодезичних робіт при виконанні будівельних робіт всіма суб'єктами будівельної галузі, незалежно від форми власності і відомчого підпорядкування.

ДБН затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 21.01.2010 р. №20., ДБН замінює чинний раніше СНиП 3.01.03-84.

За мету розробки було прийнято встановлення загальних правил проектування, виконання та приймання геодезичних робіт, які виконуються під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів будівництва будь-якого призначення з врахуванням сучасного стану технічного забезпечення геодезичних робіт та нових вимог до

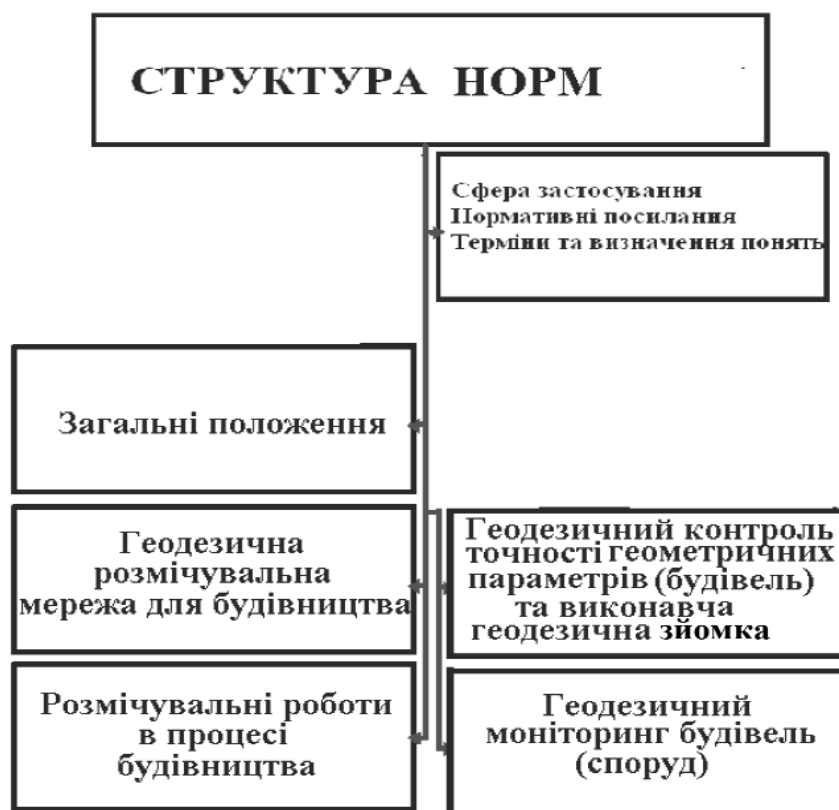


Рис. 1. Структура норм

геодезичного супроводу як будівництва, так і експлуатації будинків і споруд.

Для реалізації цієї мети в ДБН передбачено 8 розділів та 11 додатків, структура норм показана на рисунку 1.

Перші розділи ДБН встановлюють сферу застосування цих норм та необхідність використання вимог виконання геодезичних робіт, що встановлені чинними в Україні іншими нормами та правилами і містять всі посилання на використані в тексті нормативні документи та визначення понять всіх термінів, що використовуються в тексті цих норм.

При розробленні ДБН визначено:

- поняття про геодезичні роботи;
- коло виконавців геодезичних робіт;
- склад геодезичних робіт на будівельному майданчику;
- обґрунтовано значення геодезичних робіт на всіх етапах будівництва;
- обов'язки замовника та підрядника щодо створення геодезичної розмічувальної мережі;
- порядок розроблення проекту виконання геодезичних робіт;
- порядок підготовки робочих креслень;
- вимоги до засобів вимірювальної техніки;
- правила ведення журналів виконання геодезичних робіт, польового журналу та журналу виконання геодезичних схем;

звичних робіт, польового журналу та журналу виконання геодезичних схем;

- обґрунтовано необхідність виконання геодезичного моніторингу стабільності та деформацій зведених конструкцій та об'єкта в цілому;

- склад геодезичних вимірювань та обчислень;
- правила дотримання техніки безпеки праці.

ДБН встановлює вимоги до геодезичної розмічувальної мережі і визначає:

- вимоги до креслень та проектів розмічувальних мереж;
- вимоги до створення розмічувальних мереж;
- вимоги до точності геометричних вимірювань;
- середні квадратичні похибки побудови геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика, зовнішньої та внутрішньої розмічувальних мереж будинку в залежності від характеристики будівель, споруд і будівельних конструкцій;
- вимоги до пунктів геодезичної розмічувальної мережі та пунктів її закріплення;
- вимоги до замовника та підрядника щодо передачі та прийому геодезичної розмічувальної мережі.

Ці норми регламентують вимоги до розмічувальних робіт та визначають:

- точність розмічувальних робіт під час будівництва;

- правила виносу осей;
- схеми побудови та закріплення пунктів внутрішньої розмічувальної мережі;
- точність побудови внутрішньої розмічувальної мережі;
- вимоги до прив'язки внутрішньої розмічувальної мережі;
- граничні (допустимі) відхилення при виконанні розмічувальних робіт;
- правила передачі точок на монтажний горизонт;
- правила фіксації результатів вимірювання.

ДБН регламентує контроль точності геометричних параметрів та визначає:

- порядок здійснення контролю точності;
- зміст робіт із контролю точності;
- порядок виконання наступного етапу робіт;
- параметри та визначення переліку конструкцій, які підлягають контролю точності;
- порядок визначення положення елементів та частин конструкцій;
- вимоги до похибок контролю точності;
- порядок фіксації результатів контролю;
- вимоги до виконавчої геодезичної документації та її склад;
- вимоги до приймання результатів робіт.

У цих нормах вперше введено новий розділ "Геодезичний моніторинг будівель (споруд)", який регламентує проведення моніторингу геодезичними методами за станом конструкцій, що будуються, та станом конструкцій, що вже експлуатуються. Розділ визначає:

- порядок розроблення програми геодезичного моніторингу та зміст технічного завдання на моніторинг;
- комплекс робіт із геодезичного моніторингу;
- вимоги до відповідного розділу програми виконання геодезичних робіт;
- розміщення реперів для моніторингу та деформаційних марок;
- правила обробки результатів вимірювання;
- проведення моніторингу в період експлуатації споруди;
- вимоги до систем автоматизованого моніторингу.

Додатки до ДБН доповнюють основний текст норм конкретними умовами та схемами.

Обов'язкові додатки наводять умови забезпечення точності геодезичних вимірювань, умови забезпечення точності лінійних вимірювань, умови

забезпечення точності геометричного нівелювання, умови забезпечення точності передачі позначок на монтажний горизонт, умови забезпечення точності передачі позначок тригонометричним нівелюванням електронним тахеометром або ручним віддалеміром та умови забезпечення точності передачі планових координат точок та осей по вертикалі в залежності від умов вимірювання.

У обов'язкових додатках наводиться форма акта приймання геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика та форма акта приймання-передачі результатів геодезичних робіт.

У довідкових додатках наводяться типові схеми геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика, схеми закріплення розмічувальних осей та схеми створення та закріплення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі, приклади закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі будівель із різною висотою та різними термінами виконання робіт, закріплення геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика в різних умовах, лінійних споруд та виконання координатної палетки для передачі координат на монтажний горизонт.

Додатки наводять приклади: виконавчих схем зйомки планового і висотного положення пальового поля, котловану, монолітного ростверка, вертикальних елементів (колон); виконавчих схем висотного положення плит перекриття, планової зйомки стінових панелей, співвісності вертикальних елементів (колон, панелей), будівельної частини шахти ліфта; виконавчого креслення планового і висотного положення каналізаційної мережі; складу проекту виконання геодезичних робіт; змісту журналу виконання геодезичних робіт та геодезичного контролю на будівельному майданчику.

Додатки містять: приклад схеми закріплення деформаційних марок та періодичність спостережень за видом деформацій під час геодезичного моніторингу; вимоги до програмного забезпечення геодезичних робіт; перелік використаних джерел при підготовці цих норм.

При підготовці цих норм було використано раніше діючий в Україні СНиП 3.01.03-84 з доволі значними змінами, що враховують можливості сучасних методів та засобів виконання геодезичних робіт. Вперше в нормах регламентовано вимоги до геодезичного моніторингу положення будівель, як в процесі будівництва, так і при їх експлуатації та

наведені вимоги до програмного забезпечення геодезичних робіт.

Колектив авторів цих норм продовжує роботу з удосконалення нормативної бази України. Вже підготовлено і в 2011 році буде введено в дію Державний стандарт України ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 "Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків точності геометричних параметрів. Настанова".

ЛИТЕРАТУРА

СНиП 3.01.03-84 *Геодезические работы в строительстве*. — М., 1985.

АННОТАЦИЯ

В статье представлены общие требования и структура введенного в действие ДБН В.1.3-2: 2010 "Геодезические работы в строительстве". Обоснована необходимость разработки нового нормативного документа. Представлены правила выполнения геодезических работ в строительстве, охватывающие ряд производственных процессов, выполняемых на строительной площадке, — создание геодезической разбивочной основы для строительства; разбивка внутриплощадочных, линейных сооружений, создание внутренней разбивочной сети здания; геодезический контроль точности геометрических параметров зданий; геодезические измерения деформаций основы, конструкций зданий и их частей.

Ключевые слова: нормативный документ, геодезические работы в строительстве, точность, сеть, разметочные работы, мониторинг.

ANNOTATION

The article presents general requirements and structure enacted DBN V.1.3-2: 2010 "Geodetic works in construction". The need for new regulations. Installation rules for surveying works in construction, covering a number of productions that are performed on a construction site — a geodetic marking the foundation for building; marking internally may-danchykovykh, linear structures, creating internal marking network building; geodetic control the accuracy of geometrical parameters of buildings; geodetic measurements deformation framework structures of buildings and their parts.

Keywords: legal documents, survey works for construction, accuracy, network, marking of work, monitoring.

УДК 721.01:624.012.3:681.3.06

А.С.Городецкий, д.т.н., проф., НИИСП

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

АННОТАЦИЯ

Анализируются функциональные возможности существующих программных комплексов, автоматизирующих составление архитектурной, конструктивной, сантехнической, электротехнической и сметно-финансовой частей проекта. Рассматриваются возможные направления развития САПР строительных объектов: интеграция, интеллектуализация, расширение функциональных возможностей 2 D и 3 D проектирования.

Ключевые слова: программное обеспечение, системы автоматизированного проектирования, интеграция, интеллектуализация, функциональные возможности.

В настоящее время программное обеспечение САПР охватывает практически все разделы проектирования.

Автоматизация архитектурной части проекта обеспечивается такими программными комплексами, как САПФИР, ArchiCAD, REVIT, Allplan и др. Конструкторы имеют в своем распоряжении широкий набор программных комплексов, таких как ЛИРА-САПР 2011, МОНОМАХ-САПР 2011, Scad, Stark, MicroFE, ROBOT, SAP, STRAP, ANSYS и др. Для автоматизации сантехнической части проекта проектировщики располагают такими программными комплексами, как CAD-profi, HVAC & Piping, AutoCAD Revit MEP Suite, AutoCAD MEP, APC ПС и др. Для автоматизации электротехнической части проекта набор программных средств также достаточно представительный: ЭЛЬФ, НТЕ, nanoCAD ONC, nanoCAD СКС, nanoCAD ЭЛЕКТРО, Bentley promis, CAD — profi, Electrical, CADElectro, WinElso и др. Для автоматизации сметно-финансовой части проекта имеются такие программы, как АВК, ИСС, АСС — 4 и др., хотя следует отметить, что наиболее трудоемкая часть работ (подсчет объемов) до сих пор остается вне поля зрения разработчиков программного обеспечения.

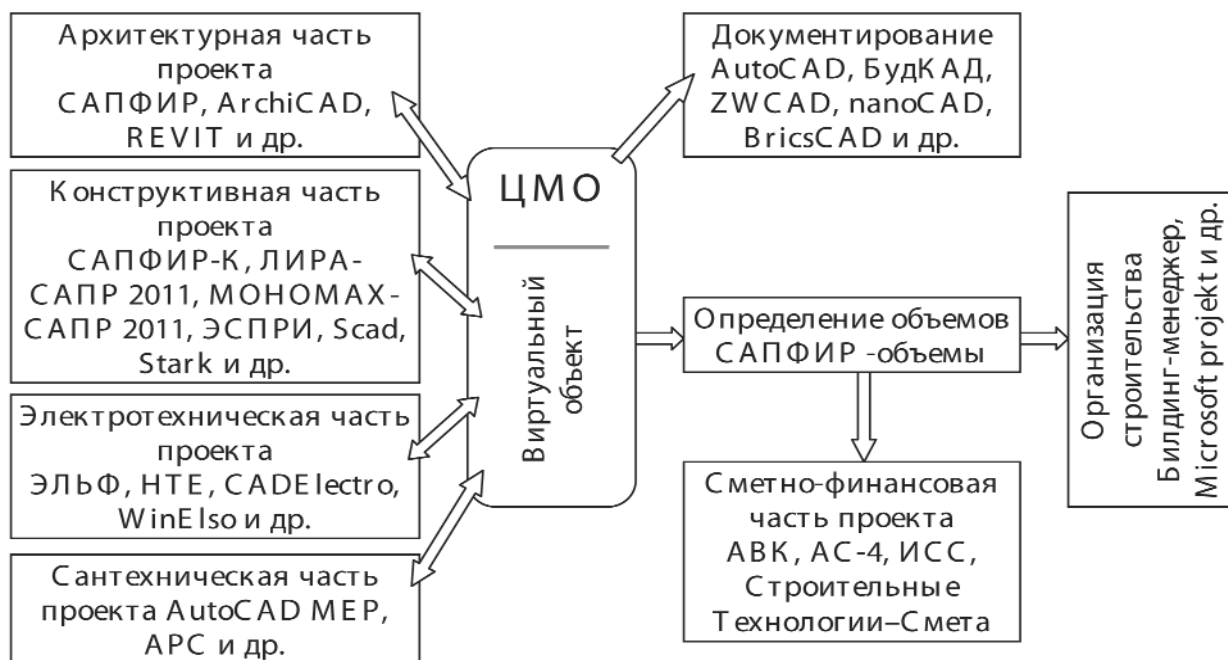


Рис. 1. Обобщенная схема интегрирования на основе ЦМО

Среди существующего программного обеспечения в отдельную группу можно выделить сугубо графические программы, такие как AutoCAD, ZWCAD, nanoCAD, БудКАД, BricsCAD и др. Значение этих программ сильно фетишируется. Это объясняется тем, что сейчас практически все чертежи выполняются с использованием этих программ, что создает иллюзию 100% автоматизации проектных работ именно благодаря этим программам. Программы типа nanoCAD (Россия) или БудКАД (Украина) даже объявляются национальными САПР. Все это неправильно расставляет акценты в намечаемых планах развития САПР. Необходимо иметь в виду, что, во-первых, сугубо графические системы автоматизируют только часть самых рутинных проектных работ, а именно — чертежные работы, которые являются по сути электронным кульманом, во-вторых, эти программы основываются на компьютерной модели чертежа, а не на компьютерной модели объекта. В этом смысле прототипом будущих САПР являются такие программные комплексы, как САПФИР, ArchiCAD, REVIT, Allplan, ЛИРА-САПР 2011, МАНОМАХ-САПР 2011, Scad и др., которые основываются на компьютерной модели рассматриваемого объекта. Пока эти модели носят узкопроблемный характер. Так, компьютерные модели, синтезируемые архитектурными системами, в основном содержат элементы архитектурной части проекта — форма и расположение стен, колонн, лест-

ниц, окон, дверей, перегородок, отделка полов, стен и потолков и др. Компьютерные модели, синтезируемые конструктивными системами, естественно содержат элементы, необходимые для автоматизированного расчета и проектирования конструкций — топология и геометрия элементов несущих конструкций, сечения и материал несущих конструкций, величина и характер нагрузок, условия опирания и др.

Можно предположить, что основой будущих САПР будет цифровая модель объекта — виртуальный объект, который с максимальной степенью приближения будет отображать проектируемый объект в натуре.

Примерная схема функционирования такой системы представлена на рис. 1.

ЦМО — виртуальный объект, представляет собой базу данных, в которой информация о каждом элементе организуется в виде фрейма, где указываются его атрибуты — местоположение, материалы, ссылки на каталоги и др.

Система должна быть открытой, как в смысле создания ЦМО (любые существующие или вновь созданное программное средство — САПФИР, ArchiCAD, Scad, APC ПС, ЭЛЬФ и др. — может принимать участие в формировании ЦМО), так и в смысле дальнейшего применения ЦМО в процессе проектирования (подсчет объемов, составление смет, документирование), в процессе организации работ, эксплуатации, т.е. всего жизненного

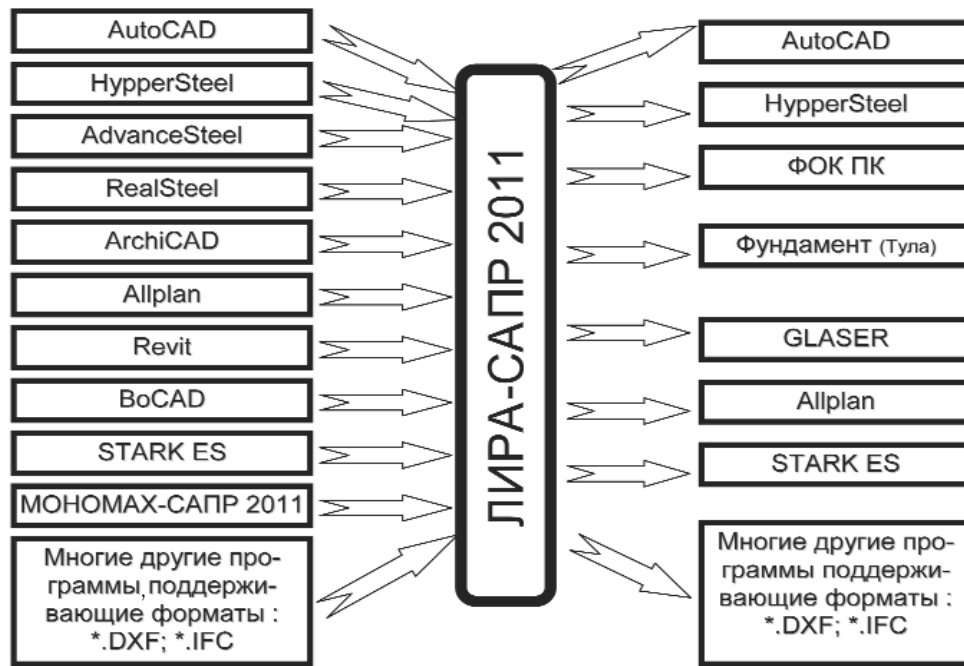


Рис. 2. Конверторы ПК ЛИРА-САПР 2011

цикла. Для реализации идей открытости необходим единый стандарт ЦМО. Такой подход, с одной стороны, обеспечивает принцип демократичности, так как позволяет коллективам проектировщиков, применяя эту технологию, использовать привычные для них программные средства, не ломая привычных традиций, с другой стороны, по сути новая технология использует уже накопившийся богатый опыт автоматизированного проектирования и имеющиеся программные средства.

Кроме того, такой подход открывает новые возможности для интеграции различных программных средств. Проблема интеграции программных средств САПР в настоящее время является достаточно востребованной. Уже сейчас считается

хорошим тоном, если программное средство имеет многочисленные конверторы, связывающие, как правило, только две родственные по проблематике программы. На рис. 2 представлена информационная связь ПК ЛИРА-САПР 2011 с другими программами на основе конверторов.

Информация на основе единой базы данных ЦМО безусловно является новым этапом развития САПР, так как, помимо интеграции разнородных по проблематике программ, исключает избыточность, повторный ввод, потерю данных при передаче и преобразовании.

Возможная ориентация на создание такой технологии ни в коем случае не отрицает, а даже поощряет дальнейшее наращивание функциональ-

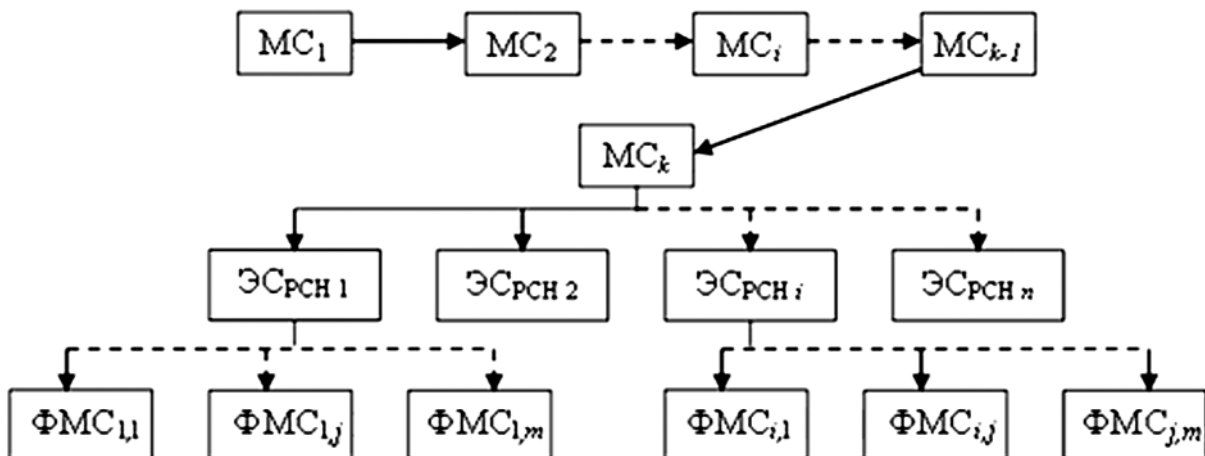


Рис. 3. Схема компьютерного моделирования жизненного цикла конструкций

ных возможностей уже имеющихся программных средств. Эти работы будут проводиться по различным направлениям — совершенствование пользовательского интерфейса, интеллектуализация программ, реализация современных методов трехмерного моделирования, методов математической физики и строительной механики и др.

Примером совершенствования пользовательского интерфейса может служить программа нового поколения САПФИР-Конструкция (САПФИР-К). Программа САПФИР-К предназначена для синтеза расчетных схем на основе управляемой процедуры преобразования 3 D и 2D архитектурных моделей, созданных в различных графических программах (САПФИР, ArchiCAD, Allplan, REVIT, AutoCAD и др.). Программа САПФИР-К включает библиотеку мешеров и набор инструментальных средств для корректировки конечноэлементных моделей. Нагрузки в виде сосредоточенных или распределенных по произвольным штампам сил (перемещений) задаются на произвольных поверхностях без привязки к конечноэлементной сетке. Имеется система диагностики правомерности созданной расчетной схемы.

Примером интеллектуализации программ могут служить некоторые процедуры программного комплекса МОНОМАХ-САПР 2011. Наличие экспертной системы, которая информирует пользователя о правомерности принятых проектных решений, наличие процедуры рациональной унификации несущих элементов свидетельствует о том, что современные реализации уже автоматизируют этапы проектирования, являющиеся уделом интеллектуальной деятельности человека.

Примером применения современных методов математической физики и строительной механики может служить реализация методов расчета конструкций в ПК ЛИРА-САПР 2011 [1] с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности. Это дает возможность подойти вплотную к проведению компьютерного моделирования жизненного цикла конструкций.

Примерная схема такого компьютерного моделирования представлена на рис. 3.

Введены следующие обозначения:

МС — монтажная стадия, общее количество k .

ЭС — эксплуатационная стадия, общее количество n .

ФМС — форс-мажорные стадии (под такими ситуациями подразумевается внезапный выход из

строения ответственных несущих элементов), общее количество m .

Монтажные стадии последовательно сменяют друг друга и соответствуют последовательности возведения конструкции. Последняя k стадия соответствует возведенной конструкции и ее НДС "помнит" всю информацию последовательности возведения, связанную с изменениями конструктивной схемы, добавлением и снятием монтажных нагрузок и т.п.

Стадия МСк является стартовой для расчета на эксплуатационные нагрузки. НДС на эксплуатационных стадиях определяется расчетом на различные сочетания нагрузжений. Некоторые эксплуатационные стадии в свою очередь являются стартовыми для моделирования форс-мажорных ситуаций.

Изложенные перспективы возможного развития программного обеспечения САПР как и всякие прогнозы могут оказаться очень оптимистичными, хотя не исключена возможность, что некоторые из них будут реализованы в самое ближайшее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Изд-во Факт, 2007. — 394с.

АНОТАЦІЯ

Аналізуються функціональні можливості існуючих програмних комплексів, що автоматизують складання архітектурної, конструктивної, сантехнічної, електротехнічної й кошторисно-фінансової частин проекту. Розглядаються можливі напрямки розвитку САПР будівельних об'єктів: інтеграція, інтелектуалізація, розширення функціональних можливостей 2 D й 3 D проектування.

Ключові слова: програмне забезпечення, системи автоматизованого проектування, інтеграція, інтелектуалізація, функціональні можливості.

ANNOTATION

The paper deals with capabilities of CAD software for architectural, structural, sanitary engineering, electrical and estimate/financial parts of the project. The paper considers possible developments for CAD software: integration, increase of functional and intellectual capabilities of 2D and 3D design.

Key words: software, CAD software, integration, functional and intellectual capabilities.

УДК 624.07:519.6.004

*А.С. Городецкий, д.т.н., проф., НИИСП;
М.С. Барабаш, к.т.н., доцент, НАУ*

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы интеграции программных средств строительной отрасли на основе цифровой модели объекта (ЦМО). Описывается технология создания виртуального здания. Представлена организация базы знаний строительного объекта. Описывается пример формирования модели здания на основе САПФИР.

Ключевые слова: цифровая модель объекта, параметрическое моделирование, интегрированная система, жизненный цикл, виртуальное здание.

Основная концепция программного обеспечения САПР, разрабатываемого компанией ЛИРА САПР, ориентирована на интеграцию программных средств строительной отрасли различного назначения.

Окончательной целью является создание интегрированной системы, которая охватывала бы все процессы, связанные с жизненным циклом строительного объекта.

В основе такой системы лежит цифровая модель объекта (ЦМО) (виртуальный объект), которая по сути является компьютерным отображением натурального объекта.

Информационное моделирование зданий (технология цифровой модели объекта) представляет собой комплексный процесс, основанный на использовании точных и скоординированных данных на всех этапах — от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию.

Трёхмерная модель здания либо другого строительного объекта связана с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присваивать дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется факти-

чески как единое целое. Информация о каждом объекте организуется в виде фрейма, где указываются его необходимые атрибуты — местоположение, материалы, ссылки на каталоги и др. Изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализации, спецификаций и календарного графика.

В течение жизненного цикла здания информация может изменяться, дополняться и объединяться. То есть эта информация, описывающая текущее состояние здания (разумеется, с историей изменений), является своеобразным "виртуальным" зданием.

ЦМО имеет два главных преимущества перед так называемыми САД-технологиями, использовавшимися ранее:

1) модели и объекты ЦМО — это не просто графические объекты, это информация, позволяющая автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, производить эксплуатацию объектов и т. д. Наличие такой информации предоставляет коллективу строителей неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных;

2) ЦМО является информационной системой открытого формата. Различные системы проектирования могут эффективно и совместно использовать информацию на протяжении всего жизненного цикла здания, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

ЦМО основана на параметрическом моделировании зданий, приводятся критерии, которым должна удовлетворять архитектурная САПР, поддерживающая параметрическое моделирование. Для реализации идей интеграции необходим единый открытый стандарт хранения и обмена информацией, который является независимым от конкретного производителя программного обеспечения и позволяет хранить всю необходимую и достаточную информацию для обеспечения информационной поддержки жизненного цикла здания. Как раз целью ЦМО и является создание единой базы для подобного стандарта. В основу положен международный стандарт "IFC".

В настоящее время в качестве основного системобразующего программного средства формиро-

*Кольорові рисунки 3, 4 до статті див. на стор. 39



Рис. 1. Схема организации технологии проектирования строительного объекта

вания ЦМО рассматривается архитектурный моделлер САПФИР (Система архитектурного проектирования формообразования и расчетов). Благодаря открытой архитектуре, развитым интерфейсам уровня прикладного программиста (API) и поддержке СОМ-технологий САПФИР открывает широкие возможности для масштабирования и интеграции разнородных специализированных приложений на его основе.

Создание интегрированной системы предполагается проводить последовательно, разрабатывая отдельные программные комплексы (или подключая существующие), имеющие самостоятельное значение, в общую систему (технологическую линию) (рис.1).

Цифровая модель объекта является, по сути, базой знаний строительного объекта. Ее особенности таковы:

- содержит информацию об объекте проектирования в целом;
- позволяет взаимодействовать с моделью специалистам различных профилей;
- включает сведения о конструктивных элементах здания, их структуре, свойствах, геометрических характеристиках, координатах и других реквизитах;
- включает информацию о структуре и конфигурации сетей электросилового оборудования, сетей отопления, вентиляции, водоснабжения.

База знаний строительного объекта включает в себя общую для всего объекта информацию (геометрия, материалы, связи между элементами) и специфическую информацию для каждого раздела проекта (электрическое, сантехническое оборудование, информация для смет и т.д.).

Средствами программного комплекса САПФИР осуществляется визуализация любого фрагмента здания на различных этапах проектирования; управление экспортом, импортом модели из внешних архитектурных, расчетных, инженерных программ; редактирование, корректировка, фрагментация, выборка элементов модели по заданным свойствам (рис. 2).

Реализована возможность подсчитывать и передавать объемы работ и ресурсы для сметных программных комплексов и для задач календарного планирования в привязке к производственным нормам на любой фрагмент здания, а также осуществлять подсчет предварительных прямых затрат на здание, этаж и на любую группу элементов. Привязка к сметным нормативам выполняется для каждого элемента здания. Таким образом, сметная информация с разбивкой по элементам, по захваткам, по этажам или для всего здания может быть экспортирована в различные сметные комплексы, системы управления строительством и т.д. Специальная информация об объемах работ в базе знаний организована в виде базы правил, что дает воз-



Рис. 2. Функциональная структура базы знаний строительного объекта

возможность поставить в соответствие физическим объемам сметные нормативы с соответствующим расходом материалов. Физические объемы, собранные системой, могут быть сопоставлены с любой нормативной базой данных. Существующие программные разработки формирования смет могут быть использованы для быстрой реализации программы для расчета смет в рамках САПФИР.

Предполагается, что внешние программы САПР не будут обращаться непосредственно к базе знаний строительного объекта. Доступ организует СУБД через специальный слой программного обеспечения, реализованного как API-приложение.

Параметрическая модель здания, создаваемая САПФИР, облегчает задачу выполнения последующих прочностных расчетов, так как содержит все данные, необходимые для этого. При построении модели в САПФИР используются материалы с реальными физико-механическими свойствами (для прочностного расчета), с реальными текстурами (для визуализации), и они могут использоваться как нормообразующие при расчетах физических

объемов работ при переходе к смете. Детальная и надежная модель позволяет выявить все ошибки и неточности уже на ранних стадиях проектирования (рис.3).

Как развитие комплекса САПФИР реализована возможность подсчета и передачи объемов строительных работ и ресурсов в сметные программные комплексы и комплексы управления строительством (календарное планирование).

Объемы строительных работ могут быть привязаны к сметным нормативам, при этом физические объемы, собранные системой, могут быть сопоставлены с любой базой сметных нормативов, имеющей возможность подключения через стандартно определенный интерфейс.

Привязка к сметным нормативам выполняется для каждого элемента здания или группы однотипных элементов. Информация о связке "объем-норматив" может быть структурирована по этажам и этажам и позволяет осуществлять подсчет предварительных прямых затрат на здание, этаж и на любую группу элементов.

Информация о параметрах строительных работ в базе знаний организована в виде базы специальных правил, что дает возможность автоматизированно ставить в соответствие физическим объемам работ сметные нормативы и рассчитывать соответствующие расходы материалов

Концепция параметрического моделирования позволяет быстро получать точную и надежную рабочую документацию.

ЦМО включает информацию о структуре и конфигурации сетей электросилового оборудования, сетей отопления, вентиляции, водоснабжения. Технология параметрического моделирования зданий на основе ЦМО дает возможность проектировщикам электрических и санитарно-технических систем предвидеть конечный результат проектирования еще до того, как начнется строительство.

Проектирование и выполнение расчетов с использованием компьютерной модели позволяет быстрее и с большей экономической эффективностью создавать сложные инженерные системы. На рис. 4 показана модель высотного здания с запроектированной системой силового электроснабжения, трубной разводки, спецификацией электрооборудования и электроприборов.

При таком подходе повышается степень координации работ смежников с архитекторами и другими инженерами, благодаря чему растет качество выполняемых проектов и выпускаемой документации.

В заключение подчеркнем основные преимущества технологии интеграции с использованием виртуальной модели здания.

1. Рассматривается весь жизненный цикл объекта: от концепции проектирования до процесса эксплуатации, что значительно повышает качество проектных решений.

2. При проектировании используются элементы, обладающие всей необходимой геометрической и технической информацией (стены, двери, окна, трубопроводы, воздуховоды и т.д.). Использование подобных объектов в значительной мере ускоряет процесс проектирования и сводит к минимуму возможные ошибки.

3. Реализуется возможность совмещения проектных разделов, созданных при использовании различных САПР: совместимость организуется на уровне стандарта.

4. Проектирование может выполняться в трех-

мерном пространстве, а управление процессом возведения — с учетом времени (4D).

5. Применяется открытый стандарт обмена информацией: существует ряд бесплатных приложений, которые могут читать и отображать модели в стандарте IFC. XML-формате.

Используя концепцию интеграции, архитекторы, инженеры, подрядчики и заказчики получают возможность:

1) создавать согласованные проектные данные и документацию сложных высотных объектов.

2) на основании имеющихся данных выполнять визуализацию и моделирование, проводить расчеты сметной стоимости и эксплуатационных характеристик, выпускать проектную и сметную документацию.

3) выполнять проекты быстрее и экономичнее.

Компанией ЛИРА САПР разработаны программные комплексы, которые давно применяются в практике проектирования самостоятельно и уже функционируют в составе интегрированной системы (САПФИР — ЛИРА — САПФИР — ЭЛЬФ). Перспективные разработки ведутся с учетом углубления интеграции.

АНОТАЦІЯ

Розглядаються питання інтеграції програмних засобів будівельної галузі на основі цифрової моделі об'єкта (ЦМО). Описується технологія створення віртуальної будівлі. Представлена організація бази знань будівельного об'єкта. Описується приклад формування моделі будівлі на основі САПФІР.

Ключові слова: цифрова модель об'єкта, параметричне моделювання, інтегрована система, життєвий цикл, віртуальна будівля.

ANNOTATION

The article dedicates to integration questions of program complexes in building industry. The main idea of the process of integration is a creation the digital model of object or building information model (BIM). The article deTechnology of creation of virtual building is described. Organization of knowledge base of building object is represented. The example of forming of model of building on the basis SAPFIR is described.

Keywords: digital model of object, parametric modeling, integrated system, life cycle, virtual building.

З М І С Т

Стор.

<i>Галінський О.М., Грубська Л.М., Басанський В.О. Використання раціональних технологічних схем при влаштуванні котловану “холодної зони” на НСК “Олімпійський”</i>	3
<i>Максименко В.П., Филинский Л.В. Эффективные фундаменты демпферного типа при сейсмических воздействиях большой интенсивности</i>	6
<i>Франівський А.А., Максименко В.П., Войтенко П.В. Деформації існуючих споруд в умовах щільної забудови</i>	9
<i>Гармаш А.И., Новая технология устройства гидроизоляции на объектах НСК “Олимпийский”</i>	13
<i>Барабаш М.С., Гензерський Ю.В., Покотило Я.В. Методи мінімізації ймовірності прогресуючого руйнування висотної будівлі при дії сейсмічних навантажень</i>	17
<i>Слободян Я.О., Мельничук О.В., Львів М.І. Високопродуктивні інформаційні технології в задачах аналізу життєвого циклу будівель та споруд</i>	23
<i>Павлюк І.М. Дисперсноармовані дрібнозернисті бетони з покращеними експлуатаційними властивостями на основі модифікованих золоцементних в'язучих речовин</i>	26
<i>Михайленко В.М., Терентьев О.О., Корнієнко М.В. Загальний підхід до моделювання надійності фундаментних конструкцій</i>	32
<i>Галінський О.М., Марчук С.А. Оцінка якості улаштування підземних виїмок та паль з використанням неруйнівних методів ультразвукового та акустичного контролю</i>	43
<i>Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Косолап Л.О. Склад бази знань для інформаційно-експертної системи вибору засобів виконання геодезичних робіт у будівництві</i>	48
<i>Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Косолап Л.О. Інформаційно-експертна система для вибору засобів виконання геодезичних робіт у будівництві</i>	50
<i>Кедык И.В. Автоматизированная система геотехнического и геодезического мониторинга строительства высотного общественного центра</i>	55
<i>Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В. Особливості ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві"</i>	60
<i>Городецкий А.С. Возможные перспективы развития программного обеспечения САПР строительных объектов</i>	63
<i>Городецкий А.С., Барабаш М.С. Концепция интеграции систем автоматизированного проектирования с использованием технологии информационного моделирования</i>	67

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Науково-технічний журнал
НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ
Випуск 21

Піписано до друку 26.09.2011. Формат 60х84 1/8. Папір офсетний. Друк офсетний.
Ум.-друк арк. 9,75. Наклад 300 прим. Замовлення 1012/40. Ціна договірна

Науково-дослідний інститут будівельного виробництва
03680, МСП, Київ, Червонозоряний пр., 51
Друкарня «Оранта». 03037, Київ, вул. М. Кривоноса, 26



Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

Пропонуємо наступну нормативну літературу:

№	Найменування	Мова	Ціна за примірник
1	„Методичні рекомендації визначення вартості робіт з обстеження, оцінки технічного стану і паспортизації будівель і споруд”	Укр.	120,00
2	ДБНУ „Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд”	Укр./рос.	250,00
3	«Типові норми чисельності працюючих на підприємствах комунальної теплоенергетики»	Укр.	700,00
4	«Посібник з питань здійснення державного архітектурно-будівельного контролю»	Укр.	360,00
5	„Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд”	Укр.	270,00

У вартості враховано ПДВ.

Поштові витрати – 12 грн. за один примірник.

(044) 248-89-33,

(044) 248-48-68 ф.

E-mail: vistavca@ukr.net