

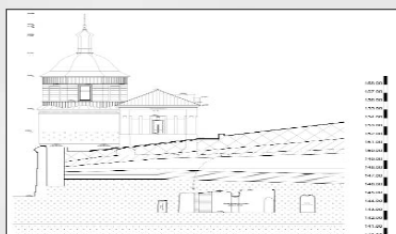
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

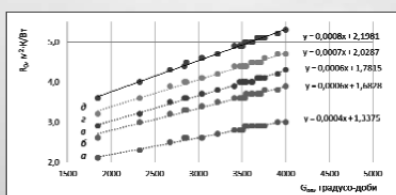


№ 29 ' 15

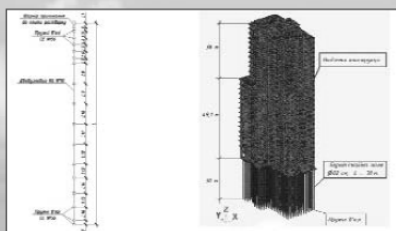
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



КОМПЛЕКСНЕ РІШЕННЯ ПО ВІДНОВЛЕННЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНОЇ
ЦЕРКВИ РІЗДВА ХРИСТОВА
СВЯТО УСПЕНСЬКОЇ КИЇВО ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ с. 10



ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ
ЗОВНІШНІХ СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ РІЗНИХ
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ с. 35



МОДЕЛЮВАННЯ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ З
ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄМНИХ ФІЗИЧНО-НЕЛІНІЙНИХ
СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТУ с. 44



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:

Галінський О.М. — головний редактор, к.т.н.;
Григоровський П.Є. — заступник головного редактора, к.т.н.;
Назаренко І.І., д.т.н., проф., президент АБУ;
Адріанов В.П., віце-президент АБУ;
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.;
Дмитренко Г.А., д.е.н., проф.;
Дорофєєв В.С., д.т.н., проф.;
Менейлюк О.І., д.т.н., проф.;
Міхайленко В.М., д.т.н., проф.;
Тугай О.А., д.т.н., проф.;
Шимановський О.В., д.т.н., проф.

www.ndibv.kiev.ua; e-mail: vistavca@ukr.net; тел. (044) 248-48-68

Літературний редактор Н.В. Колесник
Технічний редактор О.М. Смірнова
Художнє оформлення реклами О.М. Галицький
Комп'ютерна верстка та графіка О.В. Сирота

Мови видання: українська і російська.

Журнал рекомендовано до друку Вченою радою інституту 21.05.2015 р., протокол №2.
Адреса редколегії журналу:
03110, Київ, МСП, Червонозоряний проспект, 51.

УДК 69:002;69.059;626/627;721/728

*П.Є. Григоровський, к.т.н.;**О.О. Терент'єв, к.т.н., НДІБВ, Київ***ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ****АНОТАЦІЯ**

Дана стаття висвітлює питання, що пов'язані з розробкою інформаційної технології роботи експертної системи діагностики технічного стану конструкцій будівель, у тому числі розглянута організація нечіткого виведення експертної системи діагностики технічного стану будівель. Отримані рекомендації дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану; досліджувати та реалізовувати на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель.

Ключові слова: інформаційна технологія, експертні системи, діагностика, технічний стан, будівля.

1. Вступ

Серед будівель, які експлуатуються в Україні, достатньо велика частка має пошкоджені конструкції. При обстеженні технічного стану, відновленні та реконструкції таких будівель, виникає задача діагностування пошкоджень, тобто визначення причин їх появи.

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

2. Мета і завдання дослідження

Вдосконалення процесу обстеження та діагностики технічного стану будівель за рахунок застосування інформаційної технології роботи експертної системи.

Одним із напрямів реалізації комплексу завдань щодо безпечної експлуатації будівель і споруд є розробка системи діагностики будівель на рівні нечітких систем.

Системи нечіткого виведення призначені для перетворення значень вхідних змінних процесу управління у вихідні змінні на основі використання правил нечітких продукцій. Системи нечіткого виводу повинні містити базу правил нечітких продукцій і реалізовувати нечіткий вивод висновків на основі посилок або умов, що представлені у формі нечітких лінгвістичних висловлювань.

3. Аналіз літературних даних

Значний внесок у окремі аспекти зазначеного напряму внесли вітчизняні та закордонні вчені: Вейц Р.В., Клименко Є.В., Михайленко В.М., Бушуєв С.Д., Панкевич О.Д., Штовба С.Д.

Всі актуальні роботи пов'язані з тематикою основ організації і обробки експериментальних результатів роботи експертних систем діагностики технічного стану будівель, а також роботи, пов'язані з розробкою інформаційної технології оцінки технічного стану конструкцій будівель, що регламентуються положенням "Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд".

Даний підхід може знайти практичне застосування в організаціях, що займаються питанням діагностики технічного стану будівель, розробкою програмних продуктів в сучасних умовах.

4. Методика розробки інформаційної технології роботи експертної системи діагностики технічного стану будівель

На рис. 1. представлена структурна схема етапів роботи експертної системи діагностики технічного стану будівель.

Фазифікація

В контексті нечіткої логіки під фазифікацією розуміють не тільки окремий етап виконання нечіткого виводу, але і власне процес або процедуру знаходження значень функції належності нечіткої множини (термів) на основі звичайних (не нечітких) початкових даних. Фазифікацією також називають введенням нечіткості.

Мета етапу фазифікації — встановлення відповідності між конкретним (звичайно чисельним) значенням окремої вхідної змінної системи

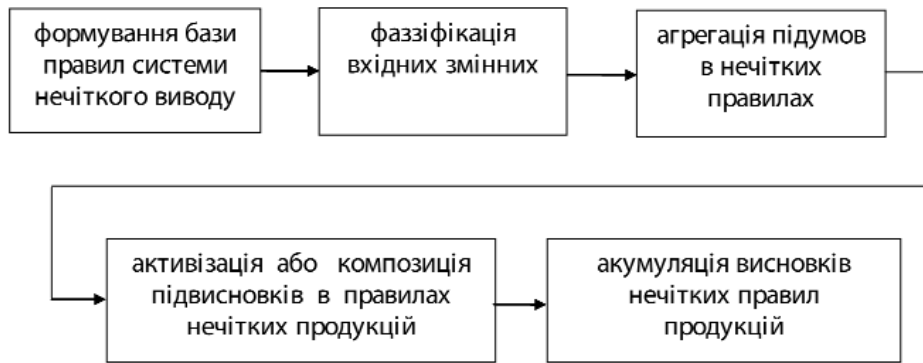


Рис. 1. Структурна схема етапів роботи експертної системи діагностики технічного стану будівель

нечіткого виводу і значенням функції належності, що відповідає їй терма входної лінгвістичної змінної. Після завершення цього етапу для всіх входних змінних повинні бути визначені конкретні значення функції належності по кожному з лінгвістичних термів, які використовуються в підумовах бази правил системи нечіткого виводу.

Процедура фазифікації виконується таким чином. До початку цього етапу передбачаються відомими конкретні значення всіх входних змінних системи нечіткого виводу, тобто множина значень $V' = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$. В загальному випадку кожне $a_i \in X_i$, де X_i — універсум лінгвістичної змінної β_i . Ці значення можуть бути отримані або від датчиків, або деяким іншим, зовнішнім по відношенню до системи нечіткого виводу способом.

Розглянемо кожну з підумов вигляду " $\beta_i \in \alpha'$ " правил системи нечіткого виводу, де α' — деякий терм з відомою функцією належності $\mu(x)$. При цьому значення α' використовується в якості аргументу $\mu(x)$, також знаходиться кількісне значення $b_i' = \mu(a_i)$. Це значення і є результатом фазифікації підумови " $\beta_i \in \alpha'$ ".

Якщо в деякій підумові зустрічається терм з модифікатором, то процедура фазифікації виконується аналогічним чином стосовно функції належності терма після виконання операції, що відповідає даному модифікатору.

Етап фазифікації закінчений, якщо знайдені всі значення $b_i' = \mu(a_i)$ для кожної з підумов всіх правил, що входять в базу правил системи нечіткого виводу. Множину значень позначимо як $B = \{b_i'\}$. Якщо деякий терм лінгвістичної змінної β_i не присутній ні в одному з нечітких висловлювань, то відповідне йому значення функції належності не знаходиться в процесі фазифікації.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу фазифікації трьох нечітких висловлю-

вань: "Тріщина стіни Волосяна", "Тріщина стіни Ступінчаста", "Тріщина стіни Наскрізна" — для входної лінгвістичної змінної β_1 — "Тріщина стіни". Їм відповідає нечітке висловлювання першого вигляду: " $\beta_1 \in \alpha_1$ ", " $\beta_1 \in \alpha_2$ ", " $\beta_1 \in \alpha_3$ ".

Нехай поточний "Тріщина стіни" оцінюється як 7 мм, тобто $a_1 = 7$. Тоді фазифікація першого нечіткого висловлювання дає в результаті число 0, яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $\alpha_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_1 (Рис. 2).

Фазифікація другого нечіткого висловлювання дає в результаті число 0.67 (наближене значення), яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $\alpha_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_2 (рис. 3).

Фазифікація третього нечіткого висловлювання дає в результаті число 0, яке означає його ступінь істинності і виходить підстановкою значення $\alpha_1 = 7$ в якості аргумента функції належності терма α_3 (Рис. 4).

Агрегація

Агрегація є процедурою визначення ступеню істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виводу. Процедура агрегації виконується наступним чином. До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх підумов системи нечіткого виводу, тобто множина значень $B = \{b_i'\}$. Далі розглядається кожна з умов правил системи нечіткого виводу. Якщо умова правила представляє собою нечітке висловлювання вигляду 1 (висловлювання " $\beta \in \alpha$ ", де β — найменування лінгвістичної змінної, а α — її значення, якому відповідає окремий лінгвістичний терм з базової терм-множини T лінгвістичної змінної β) або 2 (висловлювання " $\beta \in \Delta\alpha$ ", де Δ — модифікатор, відповідний таким словам, як: ДУЖЕ,

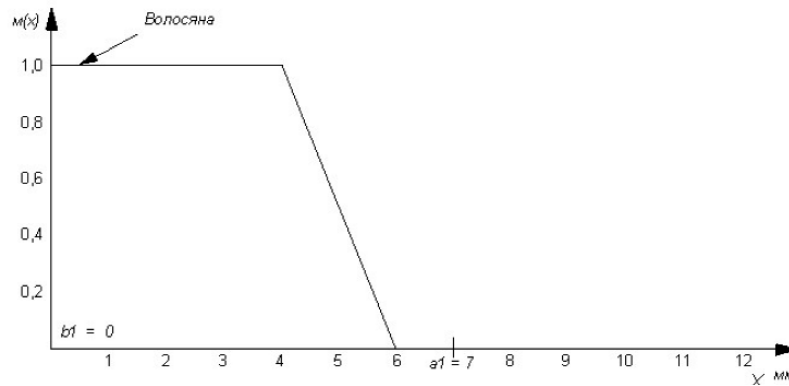


Рис. 2. Приклад фазифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Волосяна"

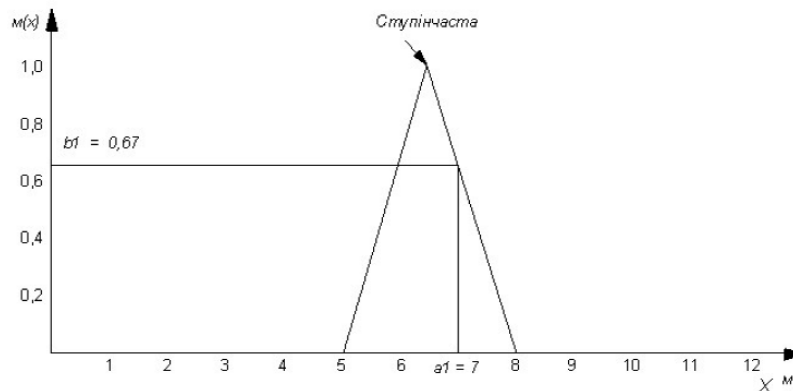


Рис. 3. Приклад фазифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Ступінчаста"

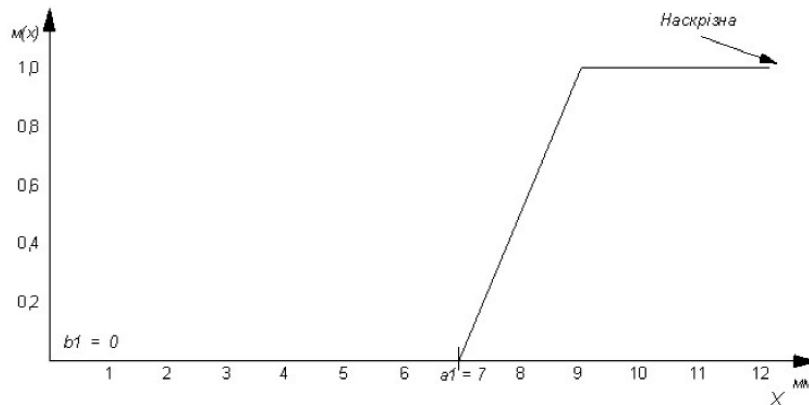


Рис. 4. Приклад фазифікації вхідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни" для нечіткого висловлювання "Тріщина стіни Наскрізна"

БІЛЬШ АБО МЕНШ, БАГАТО БІЛЬШЕ), то ступінь його істинності рівний відповідному значенню b_i' . Якщо ж умова складається з декількох підумов вигляду, причому лінгвістичні змінні в підумовах попарно не рівні одна одній, то визначається ступінь істинності складного висловлювання на основі відомих значень істинності підумов.

Етап агрегації вважається закінченим, коли будуть знайдені всі значення для кожного з правил, які входять в базу правил системи нечіткого виводу, що розглядається. Ця множина значень позна-

чається через $B' = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу агрегації двох нечітких висловлювань: "Тріщина стіни Ступінчаста" і "Категорія технічного стану стіни Задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації (категорія II/III)" і "Тріщина стіни Ступінчаста" АБО "Категорія технічного стану стіни Задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації (категорія II/III)" для вхідної лінгвістичної змінної β_1 — "Тріщина стіни" і β_2 — "Категорія

технічного стану стіни". Нехай поточний "Трищина стіни" рівний 7 мм, тобто $\alpha_1 = 7$, а поточний "Категорія технічного стану стіни" оцінюється як 6, тобто $\alpha_2 = 6$. Агрегація першого нечіткого висловлювання з використанням операції нечіткої кон'юнкції вигляду:

$$T(A \wedge B) = \min \{T(A), T(B)\} \quad (1),$$

дає в результаті число 0,6 (наближене значення), яке означає його ступінь істинності і виходить як мінімальне із значень 0,6 і 0,667. Агрегація другого нечіткого висловлювання з використанням операції нечіткої диз'юнкції вигляду:

$$T(A \vee B) = \max \{T(A), T(B)\} \quad (2),$$

дає в результаті число 0,667, яке означає його ступінь істинності і виходить як максимальне із значень 0,6 і 0,667.

Активізація

Активізація в системах нечіткого виводу є процедурою знаходження ступеню істинності кожного з підвисновків правил нечітких продукцій. Активізація багато в чому аналогічна композиції нечітких відносин, але не тотожна їй. При формуванні бази правил системи нечіткого виводу задаються вагові коефіцієнти F_i для кожного правила (за умовами ваговий коефіцієнт рівний одиниці).

Процедура активізації виконується таким чином. До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх умов системи нечіткого виводу: множина значень $B'' = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, значення вагових коефіцієнтів F_i для всіх правил. Далі розглядається кожний з висновків правил системи нечіткого виводу. Якщо висновок правила є нечітким висловлюванням вигляду 1 або 2, то ступінь його істинності рівний алгебраїчному виразу відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i .

Якщо висновок складається з декількох підвисновків, причому лінгвістичні змінні в підвисновках попарно не рівні одна одній, то ступінь істинності кожного з підвисновків рівний алгебраїчному виразу відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i . Таким чином знаходяться всі значення ступенів істинності підвисновків для кожного з правил, що входять в базу правил системи нечіткого виводу. Ця множина значень позначається через $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, де q — загальна кількість підвисновків в базі правил. При цьому можливий випадок, коли ваговий коефіцієнт F_i може бути заданий індивідуально для окремих підвисновків (але процедура активізації залишається колишньою).

Після знаходження множини $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, визначається функція належності кожного з підвисновків для даних вихідних лінгвістичних змінних. Для цього можна використовувати один з методів, що являється модифікацією методів нечіткої композиції:

$\min$ — активізація: $\mu'(y) = \min \{c_i, \mu(y)\}$; (3);

prod — активізація: $\mu'(y) = c_i * \mu(y)$; (4);

average — активізація: $\mu'(y) = 0.5 * (c_i + \mu(y))$; (5),

де $\mu(y)$ — функція належності терма, який являється значенням деякої вихідної змінної ω_j , заданої на універсумі Y .

Етап активізації вважається закінченим, якщо для кожної з вихідних лінгвістичних змінних, що входять в окремі підвисновки правил нечітких продукцій, будуть визначені функції належності нечіткої множини їх значень, тобто сукупність нечітких множин $C_1, C_2, \dots, C_q$, де q — загальна кількість підвисновків в базі правил системи нечіткого виводу.

Окрім методів (3) — (5), для виконання активізації можуть бути запропоновані й інші способи, засновані на модифікації різних операцій нечіткої композиції.

Для ілюстрації цього етапу розглянемо приклад процесу активізації висновку в наступному правилі нечіткої продукції (це правило не має цільового застосування і використовується формальним чином):

ЯКЩО "Трищина стіни Ступінчаста",

ТО "Категорія технічного стану стіни Задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації (категорія II/III)".

Вхідною лінгвістичною змінною в цьому правилі являється β_1 — "Трищина стіни", а вихідною змінною є β_2 — "Категорія технічного стану стіни". Нехай поточний "Трищина стіни" рівний 7 мм, тобто $\alpha_1 = 7$ мм. Оскільки агрегування умови цього правила дає в результаті $b_1'' = 0,67$, а ваговий коефіцієнт за умовчанням рівний одиниці, то значення 0,667 буде використовуватися в якості c_1 для отримання результату активізації.

Акумуляція

Акумуляція в системах нечіткого виводу є процедурою або процесом знаходження функції належності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_s\}$.

Мета акумуляції — об'єднання всіх ступенів істинності висновків (підвисновків) для отриман-

ня функції належності кожної з вихідних змінних. Причина необхідності виконання цього етапу полягає в тому, що підвисновки, які відносяться до однієї і тієї ж вихідної лінгвістичної змінної, належать до різних правил системи нечіткого виводу.

Процедура акумуляції виконується таким чином. До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх підвисновків для кожного з правил, що входять в дану базу правил системи нечіткого виводу, у формі сукупності нечітких множин: $C_1, C_2, \dots, C_q$, де q — загальна кількість підвисновків в базі правил (рис. 5 — рис. 7).

Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $\omega_j \in W$, і що відносяться до неї (нечіткі множини): $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jq}$ (Рис. 8).

Результат акумуляції для вихідної лінгвістичної змінної ω_j визначається як об'єднання нечіт-

ких множин. Етап акумуляції вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені підсумкові функції належності нечіткої множини їх значень, тобто сукупність нечітких множин: $C'_1, C'_2, \dots, C'_q$ де q — загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу.

Дефазифікація

Дефазифікація (приведення до чіткості) в системах нечіткого виводу представляє собою процедуру або процес знаходження звичайного (не нечіткого) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$.

Мета дефазифікації — використання результатів акумуляції всіх вихідних лінгвістичних змінних і отримання звичайного кількісного значення кожної з вихідних змінних, які будуть використовуватися спеціальними пристроями,

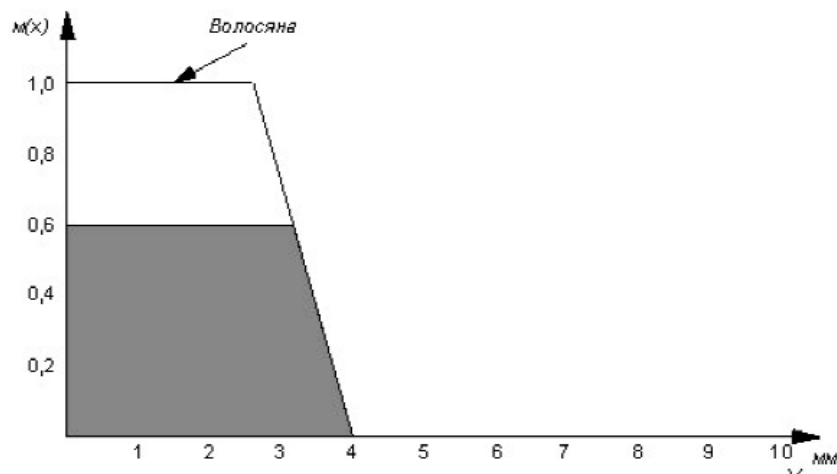


Рис. 5. Функція належності нечіткої множини c_{11} отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни"

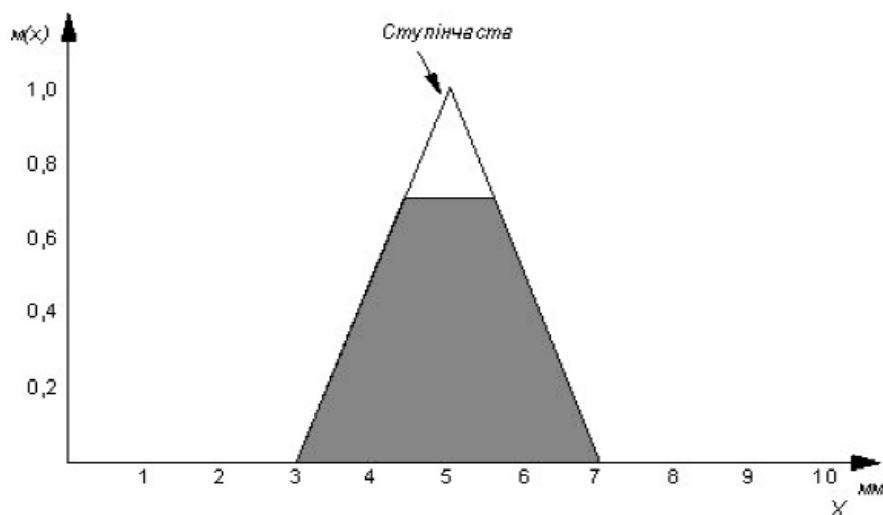


Рис. 6. Функція належності нечіткої множини c_{12} отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни"

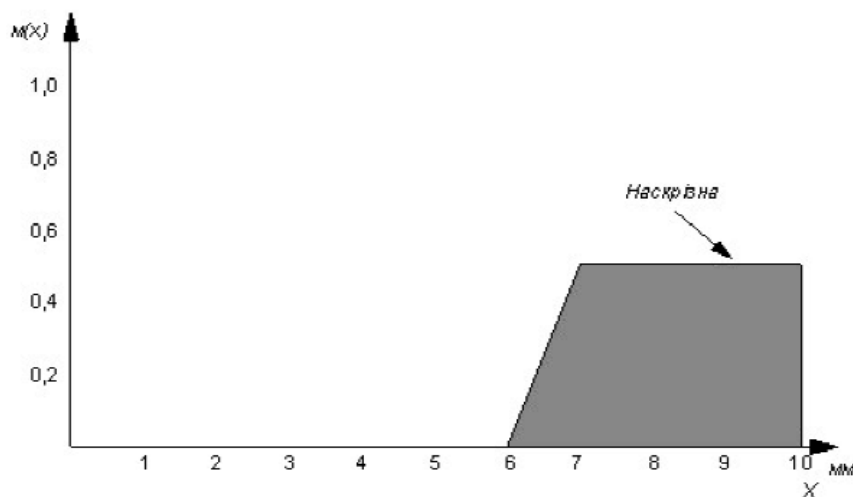


Рис. 7. Функція належності нечіткої множини c_{13} отриманого в результаті активізації для вихідної лінгвістичної змінної "Тріщина стіни"

зовнішніми по відношенню до системи нечіткого виводу.

Вживані в сучасних системах управління пристрої здатні сприймати традиційні команди у формі кількісних значень відповідних управляючих змінних. Тому необхідно перетворити нечіткі множини в деякі конкретні значення змінних.

Процедура дефазифікації виконується таким чином. До початку цього етапу передбачаються відомими функції належності всіх вихідних лінгвістичних змінних у формі нечіткої множини: $C'_1, C'_2, \dots, C'_s$, де s — загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу. Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $\omega_j \in W$, що відносяться до неї нечіткі множини C'_j . Результат дефазифікації для вихідної лінгвістичної змінної ω_j визначається у вигляді кількісного значення $y_j \in R$.

Етап дефазифікації вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені підсумкові кількісні значення у формі деякого дійсного числа, тобто у вигляді $y_1, y_2, \dots, y_s$, де s — загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виводу.

5. Висновки та результати розробки інформаційної технології роботи експертної системи діагностики технічного стану будівель

Результатами роботи є удосконалення та впровадження процесу обстеження та діагностики технічного стану будівель за рахунок застосування інформаційної технології роботи експертної системи.

Даний підхід може знайти практичне застосування при розробці програмних продуктів в сучас-

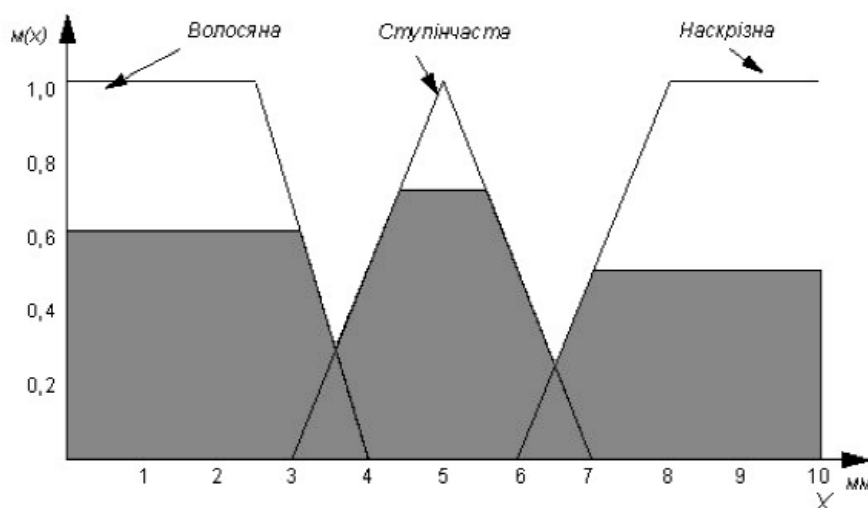


Рис. 8. Приклад акумуляції виводу для вихідної змінної "Тріщина стіни"

них умовах, розробці бази даних та знань для об'єктів будівництва, розробці системи нечіткого виведення, досліджування та реалізації на основі апарату нечіткої логіки моделей діагностики технічного стану будівель.

Процес нечіткого виведення для задач діагностики являє собою деяку процедуру або алгоритм отримання нечітких висновків на основі нечітких умов або передумов з використанням розглянутих понять нечіткої логіки. Цей процес включає в себе всі основні концепції теорії нечітких множин: функцію належності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації і нечіткої композиції. Системи нечіткого виводу призначені для реалізації процесу нечіткого виводу і служать концептуальним базисом всієї сучасної нечіткої логіки. Системи нечіткого виводу дозволяють вирішувати задачі автоматизованого управління, класифікації даних, розпізнавання образів, ухвалення рішень і багато інших задач. Оскільки розробка та застосування систем нечіткого виводу має міждисциплінарний характер, дана проблематика досліджень тісно взаємопов'язана з цілим рядом інших науково-прикладних напрямків, таких як: нечітке моделювання, нечіткі експертні системи, нечітка асоціативна пам'ять, нечіткі логічні контролери, нечіткі регулятори і просто нечіткі системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст] // — Київ, 2003. — 144 с.
2. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд [Текст] // Є.В. Клименко // — К.: Центр навчальної літератури. — Київ, 2004. — С. 304.
3. Михайленко В.М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей [Текст] // О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко // — Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. — Дніпропетровськ, 2013. — №70. — С. 133 — 141.
4. Михайленко В.М. Обробка експериментальних результатів роботи експертної системи для задачі діагностики технічного стану будівель

[Текст] // О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко // — Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. — Дніпропетровськ, 2014. — №78. — С. 190 — 195.

5. Терент'єв О.О. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд [Текст] // О.О. Терент'єв, Є.Є. Шабала, Б.С. Малина // — К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць. — КНУБА, 2015. — №22. — С. 138 — 143.

6. Terentyev O.O., Tsiutsiura M.I. (2015). The method of direct grading and the generalized method of assessment of buildings technical condition. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Volume 4 Issue 7. — P. 827-829.

АННОТАЦИЯ

Данная статья освещает вопросы, связанные с разработкой информационной технологии работы экспертной системы диагностики технического состояния конструкций зданий, в том числе рассмотрена организация нечеткого вывода экспертной системы диагностики технического состояния зданий. Полученные рекомендации позволяют решать задачи информационной технологии для поддержки принятия решений по диагностике технического состояния, исследовать и реализовывать на основе аппарата нечеткой логики модели диагностики технического состояния зданий.

Ключевые слова: информационная технология, экспертные системы, диагностика, техническое состояние, здание.

ANNOTATION

This article covers the issues associated with the development of information technology of the expert system of diagnostics of a technical condition of building constructions. — consider the organization of fuzzy inference expert system of diagnostics of technical condition of buildings. The recommendations allow us to solve problems of information technology for decision support for the diagnosis of technical condition; explore and implement on the basis of fuzzy logic models for diagnostics of technical condition of buildings.

Keywords: information technology, expert systems, diagnostics, technical condition, building.

УДК 69.059.25 Б 43

*І.Д. Бєлов, к.т.н.; М.О. Вабіщевич, к.т.н.;
О.П. Дєдов, к.т.н.*

КОМПЛЕКСНЕ РІШЕННЯ ПО ВІДНОВЛЕННЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНОЇ ЦЕРКВИ РІЗДВА ХРИСТОВА СВЯТО-УСПЕНСЬКОЇ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ

АНОТАЦІЯ

На прикладі комплексного підсилення підземної Церкви Різдва Христова Свято-Успенської Києво-Печерської Лаври пропонується широке застосування композитних матеріалів в реконструкції і реставрації, що надає можливість для розвитку нового напрямку в підсиленні будівельних конструкцій та суттєвого скорочення трудомісткості, вартості і термінів виконання робіт. Наведені результати теоретичних та експериментальних вишукувань.

Ключові слова: реконструкція, реставрація, композитні матеріали, базальт, арматура, ґрунт, зусилля, переміщення, несуча здатність.

Відновлення національного фонду історичних будівель і споруд, їх довгострокове збереження є актуальною задачею і потребує використання сучасних будівельних технологій по підсиленню конструкцій з метою забезпечення їх надійної експлуатаційної здатності. На сьогоднішній день з'явилися ефективні методи з використанням нових будівельних матеріалів та технологій, які дозволяють значно збільшити міжремонтний період з мінімальним втручанням в конструкції і максимальним збереженням первісного вигляду споруди. До таких методів відносяться способи підсилення пошкоджених конструкцій в умовах експлуатації композитними матеріалами на базі базальтових і вуглецевих волокон. Ефективність використання неметалевих матеріалів для підсилення конструкцій залежить від низки факторів, таких як: вірний вибір матеріалів для конкретних умов експлуатації; вирішення задачі забезпечення їх сумісної роботи з конструкцією, що підсилюється; використання мінімально необхідної кількості матеріалу, виходячи із того, що конструкція, яка підсилюється, ще має свій ресурс несучої спроможності; разом з композитними матеріалами по необхідності використовувати традиційні матеріали: метал, цеглу, бетон, дерево. У даній статті

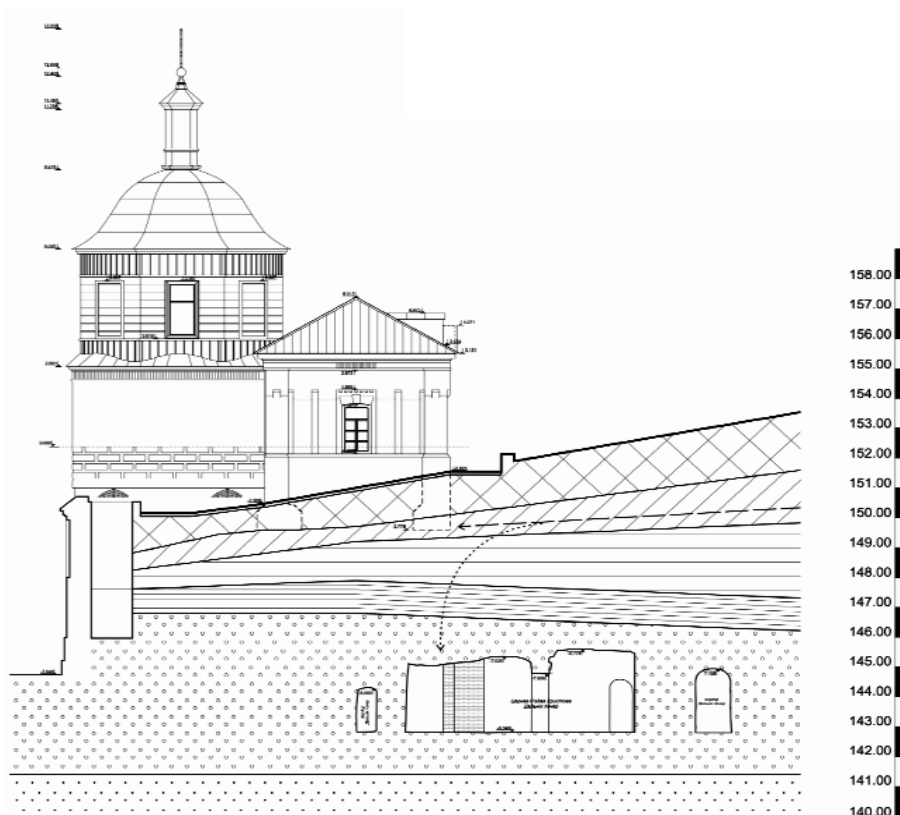


Рис.1. Зовнішня ситуація над об'єктом обстеження

описаний комплексний підхід по підсиленню національної історично-архітектурної пам'ятки Свято-Успенської Києво-Печерської Лаври — церкви Різдва Христова.

Об'єктом підсилення — є друга найдавніша церква у Дальніх печерах, що виникла між 1058 і 1062 рр. Конструктивно об'єм церкви Різдва Христова складається із арокних різнопрогонних склепінь, що обпираються на масивні ґрунтові стіни та цегляну колону. В стінах церкви виконано п'ять арокних проходів шириною 550...1380мм, висотою до 2м. Вся конструктивна частина церкви знаходиться в шарі супісків. Глибина від поверхні землі складає близько 6 м.

Ззовні над приміщеннями підземної споруди розташовані: частина будівлі корпусу № 73 на перетині осей "1хА" та схил Монастирського саду (Рис.1).

При обстеженні стану об'єкта виявлені наступні дефекти та пошкодження (Рис.2):

- глибокі тріщини в районі арочного проходу у вівтарі церкви;
- зсув в місці спряження цегляного підтримуючого стовпа із арочним склепінням;
- окремі тріщини в арочних проходах та склепіннях церкви;
- втрата загальної стійкості елементів іконостасу;



Рис. 2. Деформування несучих елементів Церкви Різдва Христова:

а — втрата загальної стійкості елементами іконостасу; б, в, з — деформації зсуву перекриття

— похилі тріщини до 2 см в вертикальних елементах (стінах) церкви.

Основними причинами деформування несучих елементів є зсувні процеси, що відбуваються в схилі над церквою, внаслідок накопичення вологи в ґрунтах оточуючого масиву за рахунок її фільтрації по схилу, що виникає в результаті атмосферних опадів та техногенних джерел живлення. Додатковими умовами для цього є: геологічна будова, деформаційна та фільтраційна неоднорідність ґрунтів, зменшення їх міцності за умов підвищення вологості, порожнини та старі виробки. Також додаткове навантаження створює частина корпусу № 73, яка знаходиться безпосередньо над церквою, про що свідчать характерні деформації цегляних стін, внаслідок нерівномірних осідань ґрунтової основи будівлі над обстежуваним об'єктом.

Зважаючи на вищезазначені фактори та неможливість прогнозування подальшої безпечної експлуатації церкви Різдва Христового в ґрунтовому масиві, технічний стан споруди був оцінений, як передаварійний (такий, що потребує термінових робіт по підсиленню).

Не дивлячись на відносно невеликий об'єм, об'єкт являється доволі складним за своєю специфічністю, яка полягає в тому що:

— це пам'ятка національного значення, яка потребує максимального збереження автентичності споруди;

— храм експлуатується в умовах вологого середовища, яке створюється ззовні внаслідок наявності поверхневої та технічної вологи;

— значне навантаження від ґрунтової поверхні, що проявляється в вигляді переміщень поверхонь, зсувів, тріщин, окремих вивалів та осідань;

— довгий термін експлуатації біля 1000 років;

— деформації проявляються не тільки в приміщеннях храму, а і в ходах, що ведуть до нього;

— характер деформацій свідчить про перенапружений стан несучих елементів підземної споруди.

Виходячи із вищевикладеного, конструкції приміщень храму та окремі ділянки території, що примикають до нього, підлягають обов'язковому підсиленню, яке повинне задовольняти такі вимоги:

— при підсиленні використати залишкові ресурси існуючих конструкцій і по можливості підвищити їх несучу здатність;

— вирішити питання про більш рівномірне розподілення навантажень шляхом введення додатко-

вих підсилюючих елементів без порушення первісного вигляду споруди;

— забезпечити довговічність експлуатації церкви після підсилення.

Після оцінювання ситуації та розрахунків запропоновано:

— на місці старої рами іконостасу встановити нову сталеву жорстку раму, яка зможе сприйняти навантаження та передати його на основу через мікропальові фундаменти;

— окремі вертикальні елементи укріпити шляхом взяття їх в обійму з вуглецевого волокна;

— склепіння храму та частково ходи, які прилягають до нього, підсилити за допомогою каркасів із базальтової та вуглецевої арматури;

— провести попередні теоретичні дослідження моделі фрагменту склепіння та експериментальні дослідження несучої здатності аналогічної натурної моделі без підсилення та з підсиленням об'ємним каркасом з базальтової арматури;

— виконати благоустрій території над об'єктом з організацією відведення атмосферних і ґрунтових вод та проведенням заходів по зменшенню тиску на підземну споруду від розташованої зверху будівлі.

Основні характеристики неметалевих матеріалів для підсилення окремих конструктивних елементів об'єкта

— Вуглецева арматура Sika Carbodur BC — стержні $\varnothing$ 6-12 мм із вуглецевих волокон просочених термопластичним зв'язуючим; модуль пружності вздовж волокон — 148000 МПа; міцність на розтяг — 3100 МПа; деформація при розтягу $> 1,7\%$.

— вуглецеве полотно: щільність — $1,76 \text{ г/м}^3$; вага — 230 г/м^2 ; товщина — $0,131 \text{ мм}$; міцність на розтяг — 4300 МПа; модуль пружності — 238000 МПа; деформація при розтягу — $1,8\%$;

— базальтова арматура — стержні $\varnothing$ 8-10 мм. із базальтових волокон зв'язаних полімером; міцність 700-1300 МПа; модуль пружності 60000 МПа; відносне подовження — $2,2\%$.(1).

Оцінка можливості використання неметалевої арматури для підсилення ґрунтової конструкції на математичній моделі

Для впевненості в надійності композиції "базальтова арматура — зв'язуючий матеріал — ґрунт" та визначення можливості ефективного включення неметалевої арматури в роботу конструкції проведені

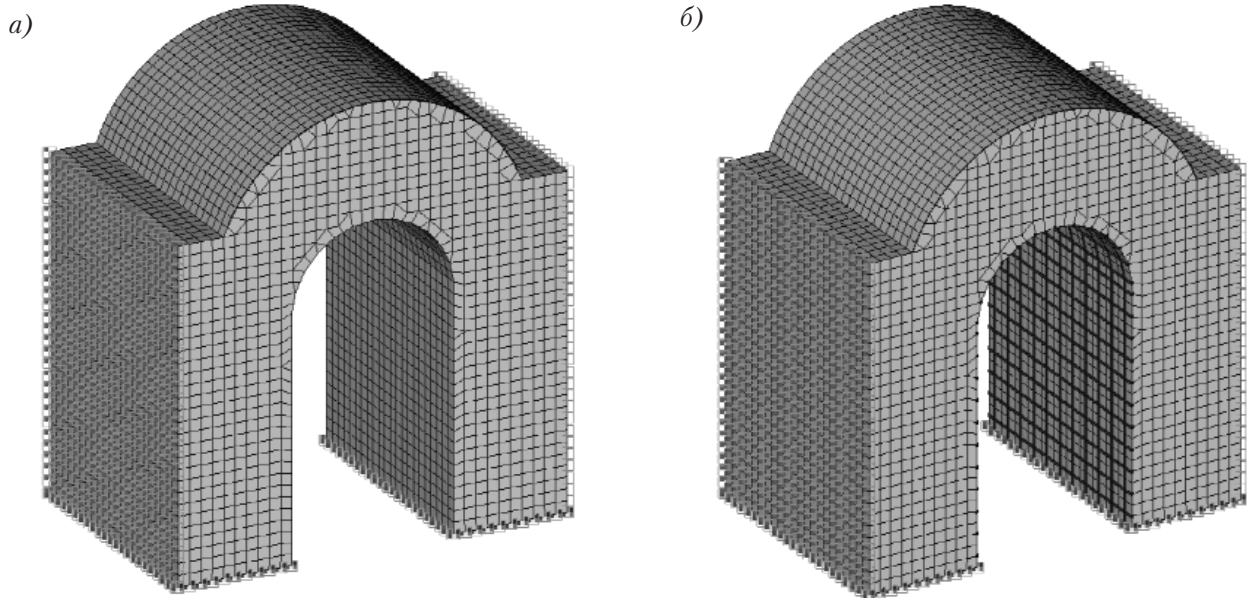


Рис. 3. Скінченно-елементні моделі підземного ходу
а) без армування; б) з армуванням з внутрішнього боку

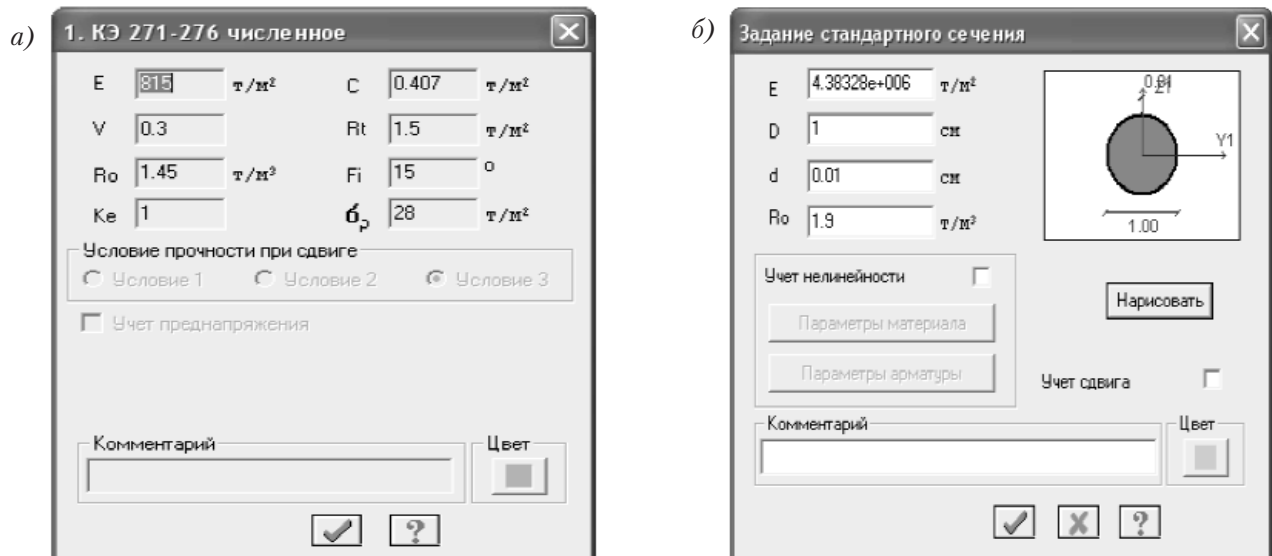


Рис. 4. Фізико-механічні параметри матеріалів:
а) ґрунтовий масив; б) базальтова арматура

дослідження розрахункової моделі печерного ходу з натуральними геометричними розмірами. Статичний розрахунок виконаний в програмному комплексі "Ліра" для двох скінченно-елементних моделей: при наявності та відсутності внутрішнього шару армування (Рис. 3). Апроксимація ґрунтового масиву виконана з використанням просторових 8-вузлових скінченних елементів типу №276 з фізико-механічними параметрами наведеними на рис. 4,а). Арматурні стрижні апроксимовані стрижневими скінченними елементами, фізико-механічні та геометричні характеристики яких наведені на Рис.4,б).

Граничні кінематичні умови (закріплення) прийняті у відповідності до параметрів моделі, що

випробовувалася так: бічні грані закріплені від горизонтальних переміщень по осі "X"; опорні торці — жорстко защемлені.

Навантаження, що діють на ґрунтове склепіння:

- постійні — від власної ваги ґрунтового масиву та елементів підсилення;
- тимчасові — рівнорозподілені по площі від навантажувальних пристроїв.

Результати розрахунків

Аналіз напружено-деформованого стану скінченно елементних моделей виконаний шляхом порівняння головних напружень та переміщень двох

типів моделей. Значення головних напружень та переміщень по трьох осях координат наведені в таблиці 1.

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що при включенні в роботу конструкції шару армування максимальні значення нормальних напружень вздовж осей X та Z практично ідентичні, однак розподілення напружень істотно відрізняється. Так в ґрунтовому масиві без армування максимальні напруження виникають в опорних зонах стінок склепіння, а при наявності армувального шару — біля арокної частини.

Слід відмітити, що на відміну від напружень по осях X та Z, значення напружень вздовж осі Y відрізняються і якісно (за характером розповсюдження по тілу об'єкта), і кількісно — зусилля стиску при армуванні зростають, а розтягу — відповідно зменшуються у порівнянні з моделлю без армування.

Окремо звернемо увагу на зміну величин переміщень по осі Z. Максимальні значення вказаного параметра при наявності підсилення менші майже втричі, у порівнянні з вихідною моделлю. Крім того істотно відрізняються і форми деформацій (Див. рис. 5).

Експериментальні дослідження

Для підтвердження теоретичних досліджень виготовлений експериментальний зразок з подібного натурним умовам ґрунту із габаритними розмірами "2500 (висота) x 1700 (ширина) x 1000 (глибина), в якому був виконаний арковий прохід розміром 2000x700x1000мм у відповідності до реальних умов печерного комплексу. Метою експериментальних досліджень дослідного зразка в лабораторних умовах було визначення реального впливу підсилюючого неметалевого армування на

несучу здатність моделі і розподіл зусиль в дослідній конструкції.

Випробування виконувалось у два етапи — перший полягав у створенні напружено-деформованого стану моделі, який максимально відображав стан ґрунтового масиву в природних умовах, другий у визначенні максимального значення несучої здатності зразка в цих умовах. Експериментальні навантаження розраховувались на основі фактичних навантажень на об'єкт.

За критерії оцінки стану натурної моделі були прийняті величини деформацій, зафіксовані в реальному ґрунтовому масиві при обстеженні та характерний вигляд деформованих дільниць.

На другому етапі передбачалось підсилення під навантаженням деформованого дослідного зразка шляхом включення в роботу просторового каркасу з базальтової арматури та подальше випробування. Каркас з базальтової арматури діаметром 8мм являв пласку гнучку горизонтальну сітку з чарункою 120x120мм, яка вставлялась у попередньо зроблені пази глибиною 20мм, шириною 10мм з аналогічною чарункою і закріплювалась до базальтових анкерів довжиною 150мм, встановлених на спеціальній суміші виробництва "Фішер" для ґрунту. Після влаштування каркасу пази заповнювались сумішшю СМ85. Таким чином створювався об'ємний каркас з частковим включенням в роботу шару ґрунту товщиною 120-150мм (3).

Даний підхід дозволив змодельовати: 1) існуючий стан перевантажених реальних конструкцій (перший етап випробування); 2) можливість підсилення конструкцій під навантаженням; 3) оцінити вплив просторового арматурного каркасу на загальну несучу спроможність дослідного зразка (другий етап випробування).

Таблиця 1. Порівняння результатів

Параметри	Модель без армування				Модель з армуванням			
	Нав-ня №1*		Нав-ня №2**		Нав-ня №1 *		Нав-ня №2**	
	Позитив	Негатив	Позитив	Негатив	Позитив	Негатив	Позитив	Негатив
$N1, \text{т/м}^2$	16	-14.8	28.3	-24.1	15	-13.9	24.5	-23.1
$N2, \text{т/м}^2$	14.6	-20.7	25.5	-33.8	9.71	-25.5	16.1	-42
$N3, \text{т/м}^2$		-89.3		-136		-82.8		-136
$\Delta x, \text{мм}$	7.11	-7.35	12.1	-12	9.1	-9.42	15	-15.5
$\Delta y, \text{мм}$	12.3	-12.3	20.4	-20.1	7.03	-5.66	11.7	-9.43
$\Delta z, \text{мм}$		-20.4		-37.5		-8.6		-16.5

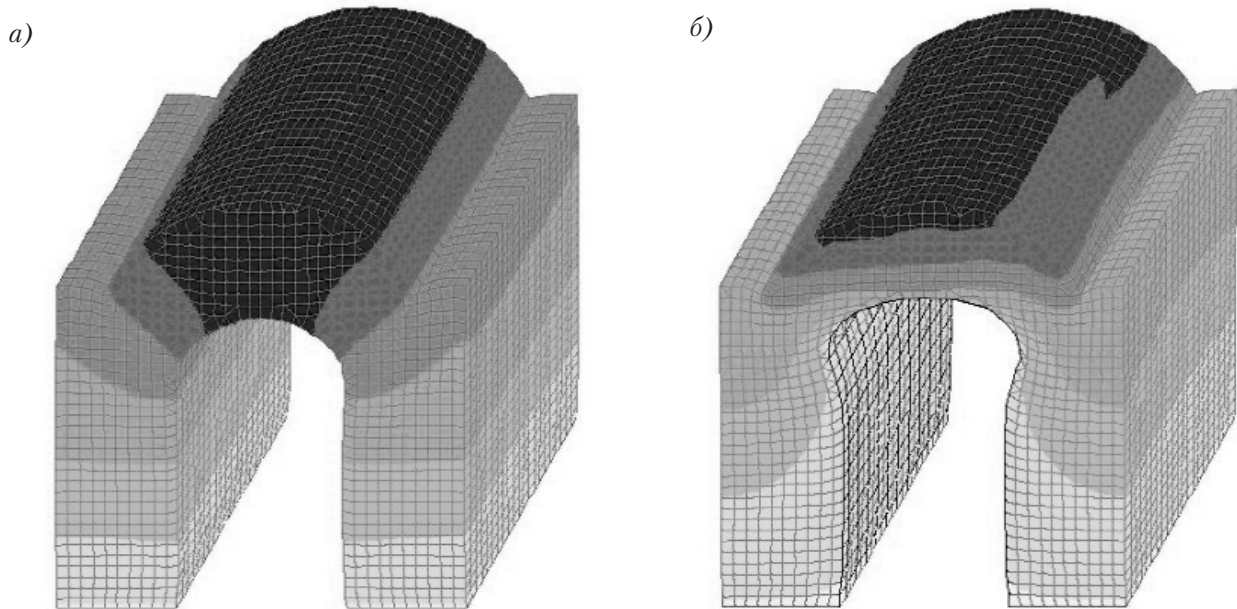


Рис. 5. *Форми деформацій ґрунтових моделей:
а) без армування; б) з урахуванням армування*

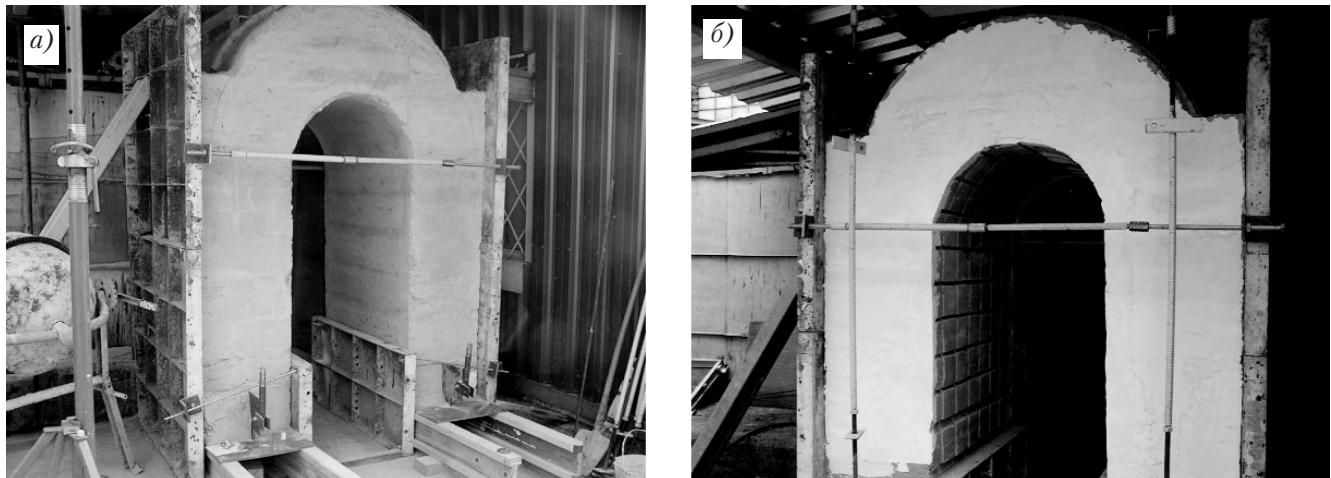


Рис. 6. *Загальний вигляд моделі після виготовлення(а), влаштування пазів для арматурного каркасу (б)
(за допомогою опалубочних щитів змодельовані защемлення опорних частин та закріплення
від переміщень по вісі Х)*

На першому етапі випробувань поява першої тріщини розкриттям 0,05-0,1 мм зафіксована при навантаженні 6400 кг (Рис.7). При рівні навантаження 9000 кг, що складає 140 % від початку тріщиноутворення був зафіксований критичний стан конструкції та небезпека руйнування моделі. Експеримент був зупинений для підсилення конструкції, при цьому, максимальне переміщення в центрі склепіння склало 15,11 мм, розкриття тріщин — до 3 мм.

Після підсилення під навантаженням 70% від максимальної несучої здатності дослідного зразка, всі тріщини були ін'єктовані і процес навантаження продовжився.

На другому етапі перша тріщина розкриттям 0,05 мм зафіксована на рівні навантаження 11500 кг

(Рис. 8), що складає 179 % в порівнянні з першим випробуванням.

Щоб не руйнувати дослідний зразок та для подальшого його використання, випробування були зупинені при навантаженні 15000 кг, при якому розкриття тріщин склало 0,1-0,3 мм, а відношення по навантаженню до аналогічного стану зразка без армування склало 208 %.

Таким чином, підсилення дало значне підвищення несучої здатності моделі, що в першу чергу пов'язано зі встановленням анкерних базальтових стрижнів, в результаті чого, був створений об'ємний арматурний каркас, який одночасно включив в сумісну роботу ґрунтовий масив товщиною 120-150 мм.



Рис. 7. Характер деформації отриманий під час першого етапу випробувань



Рис. 8. Характер деформацій отриманий під час другого етапу випробувань

Слід відмітити, що питання безпечної та довготривалої експлуатації між ремонтами підсилювальних будівель і споруд є актуальним. Аналіз вітчизняного (2) та закордонного досвідів вказує на доцільність та економічну ефективність використання композитних матеріалів при підсиленні будівель і споруд за такими показниками:

- вуглецева та базальтова арматури, вуглецеве полотно являються корозійно стійкими матеріалами, які не піддаються корозії впродовж довгого часу, не менш як 80 років;
- неметалеві матеріали мають достатні механічні показники для використання в якості підсилюючих елементів;
- неметалева арматура має пружні якості і при згинанні приймає форму поверхні підсилення. Якщо поверхня має криволінійну форму, виникає ефект попереднього напруження, що дає можливість більш ефективного включення арматури в роботу конструкції на етапі її підсилення;
- композитні матеріали також зручні для використання у випадках коли необхідно зберегти зовнішній вигляд конструкцій, що підсилюються (пам'ятки історії і архітектури);

— використання композитних матеріалів — це ефективний напрямок в реконструкції (реставрації) пам'яток історії та архітектури, який забезпечує суттєве скорочення трудомісткості, вартості, термінів виконання робіт зі значним збільшенням проміжків часу між ремонтами.

Висновки: в результаті випробувань встановле-

но, що використання базальтової арматури в якості елемента підсилення є ефективним і дозволяє не тільки відновлювати несучу здатність пошкоджених конструкцій, а також надає можливість значно підвищити їх експлуатаційні якості.

Підтверджені результати чисельних досліджень деформовано — напруженого стану при співставленні їх з результатами експериментів (Рис. 5-7).

Що стосується самого об'єкту підсилення, то:

- заходи по укріпленню Церкви Різдва Христова розподілились на внутрішні та зовнішні:
- **зовнішні** — благоустрій території, водовідведення поверхневої води, влаштування дренажної системи, яка перехоплює ґрунтові води і відводить їх з території об'єкта;
- підсилення корпусу № 73 зі створенням жорсткого просторового блоку з мінімальними осіданнями над Церквою Різдва Христова;
- **внутрішні** заходи складаються з комплексу різних укріплень окремих конструктивних елементів в залежності від доцільності та ефективності в кожному конкретному місці, де основним визначальним фактором є рівень надійного включення в сумісну роботу елементів підсилення з конструкцією що підсилюється.

Результати

— На підставі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень розроблена і реалізована проектна документація шляхом виконання будівельних робіт на всій території обстежуваного

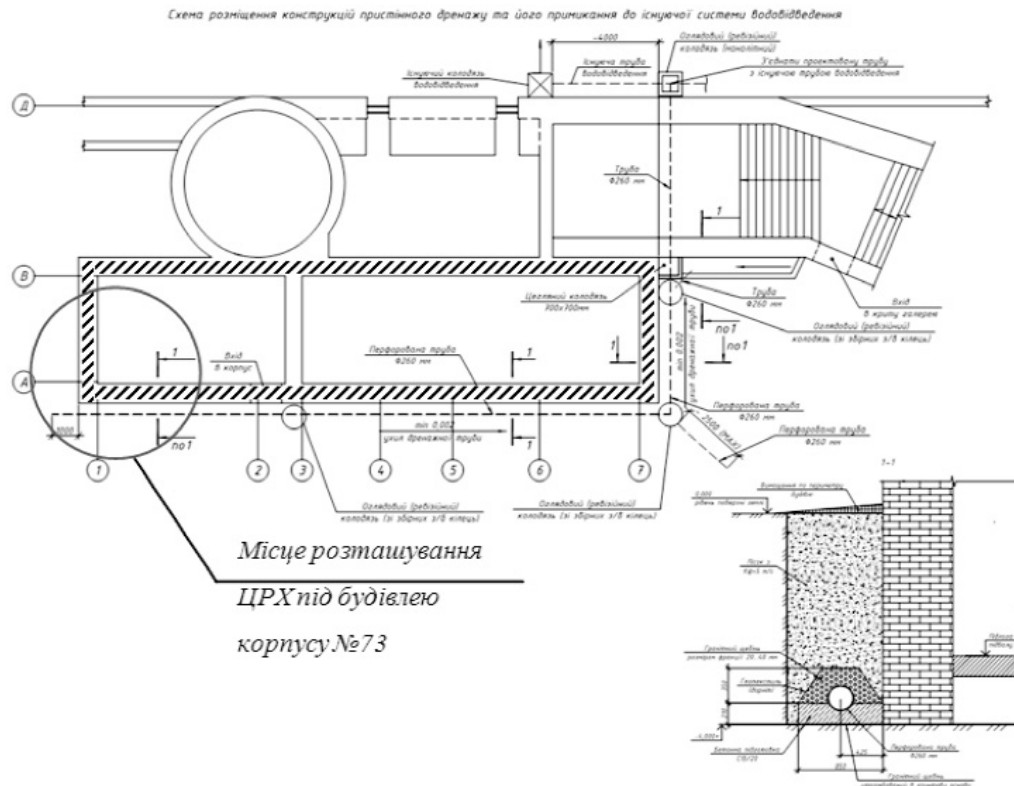


Рис. 9. Благоустрій та підсилення над церквою Різдва Христова:
— влаштування внутрішнього двоповерхового сталевого каркасу жорстко пов'язаного з поздовжніми та поперечними несучими стінами;
— водовідвід від ЦРХ та корпусу шляхом влаштування дренажів на глибині 4-5 м та 1,5-2 м.

комплексу включаючи, як саму церкву Різдва Христова в підземному просторі, так і зовнішні будівлі і споруди.

— Отриманий практичний досвід використання неметалевих матеріалів при підсиленні конструктивних елементів під навантаженням з одночасним забезпеченням їх сумісної роботи

ЛІТЕРАТУРА

1. Технічні умови. Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю: ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009 — [Чинні від 26-10-2009]. Мінрегіонбуд України 2009. (Технічні умови).
2. Таран В.В. Особенности применения композитной арматуры при возведении строительных конструкций зданий и сооружений./ В.В.Таран, А.В. Янков// Вестник ДНАБА №6. 2013.
3. James A. Mason and Donald A. Bruce. Lizzi?s Structural Sistem Retrofit with Reticulated Internal Reinforcement Method

АННОТАЦІЯ

На приємре комплексного усилення подземной Церкви Рождества Христова Киево-Печерской Лав-

ры предлагается широкое использование композитных материалов в реконструкции и реставрации, что даёт возможность развития новых направлений в усилении строительных конструкций, обеспечивающие существенное сокращение трудоемкости, стоимости и сроков выполнения работ. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Ключевые слова: реконструкция, реставрация, композитные материалы, базальт, арматура, грунт, усиления, перемещения, несущая способность.

ANNOTATION

On the example of the complex strengthening of underground Church of Christmas Christly Kievo-Pecherskaya Lavra the wide use of composite materials is offered in a reconstruction and restoration, that can develop new directions in strengthening of build constructions, providing substantial reduction of labour intensiveness, cost and terms of implementation of works. The information of theoretical and experimental researches are resulted.

Keywords: reconstruction, restoration, composite materials, basalt, rebar, soil, stress, displacement, carrying capacity.

УДК 624.132.3

*В.А. Пенчук, д.т.н.; В.Н. Гусаков, к.ф.-м.н.;
В.Н. Супонев, к.т.н.; С.М. Вивчар, асп.;
С.П. Балесный, асп.*

ТОЧНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИЕЙ ПРОКОЛА ГРУНТА

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы влияния жесткости штанг и узлов их соединения на траекторию движения прокалывающей головки. Представлены экспериментальные данные исследования жесткости штанг установки для прокола грунта. Предложены математические модели траектории движения прокалывающей головки.

Ключевые слова: бестраншейные технологии, жесткость штанги, математическая модель, прокалывающая головка, управляемый прокол.

Актуальность работы

Методы бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций находят самое широкое применение во всех странах мира. В силу своей простоты конструкции и технологии применения создания скважины в грунте, — метод прокола особо популя-

рен. Главным недостатком метода традиционного прокола является недостаточная точность траектории движения в грунте прокалывающей головки.

Анализ публикаций

Общие вопросы прокола грунта детально исследованы в работах [1; 2; 3], и в работах [4; 5] предложены конструкции прокалывающих накопечников, которые обеспечивают, при определенных условиях, управление траекторией их движения. Однако в указанных работах отсутствуют рекомендации по учету влияния на траекторию движения прокалывающей головки жесткости штанг и узлов их соединения.

Целью данной работы является разработка математической модели процесса и оценка управления траекторией движения прокалывающей головки с учетом жесткости штанг.

Основной материал

Системный анализ существующих установок прокола грунта позволил их обобщенные технические параметры представить в виде табл. 1.

Как видно из данных табл. 1 наиболее часто прокалывающий став набирается из штанг длиной $L_{шт}=800$ мм и диаметром $D_{шт}=52$ мм.

Табл. 1. Основные параметры прокалывающих установок

№ п/п	Наименование параметра	Единицы измерения	Тип установки			
			УПГ-1	МК-Т6-08	УУП ГФ 40	МП-250
1	Наружный диаметр штанги	мм	52	57	45	63,5
2	Длина	м		0,84	1,0	0,540
3	Количество штанг в комплекте	шт	67	40	50	50
4	Диаметр расширителей в комплекте	мм	108, 133, 159, 219	108, 159, 219, 273	80, 125, 190, 235, 275, 315	108; 159; 219; 273
5	Длина прокалываемой скважины, до	м	50	50	100	25
6	Усилие на штоке гидроцилиндра:					
	при проколе	кН	246	250	360	250
	при расширении	кН	184	250	360	100
7	Скорость прокола	м/мин	2	0,5	2	2
8	Масса установки	т	0,5	0,782	1,020	0,123
9	Масса полного комплекса	т	1,215		1,94	0,54

Табл. 2. Замеры прогибоболкающих штанг

G, кг	X, м	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,5
$G_1=0$ кг	Y_p , мм	255,25	252,5	247,75	243,5	240,50	235,50	229,25	220,20	219,75	209,70	203,1
$G_2=16$ кг	Y_p , мм	254,40	249,5	243,0	236,4	230,25	221,75	213,50	202,50	195,50	171,0	164,1
$G_3=24$ кг	Y_p , мм	252,20	247,50	240,50	232,2	225,50	215,00	204,30	192,50	184,25	163,50	144,3
$G_4=40$ кг	Y_p , мм	251,50	243,50	235,00	225,0	213,10	206,10	184,50	168,50	156,00	132,00	102,0



Рис. 1. Экспериментальный стенд

Для установления жесткости штанг и става из набора количества штанг был разработан специальный стенд (Рис. 1).

Результаты исследований жесткости става штанг различной длины и при различных нагрузках представлены в табл. 2. Анализ результатов исследований показал, что первоначально прогиб штанг пропорционален возрастанию их нагружения, и затем прогиб их замедляется, что вполне согласовывается с теорией прогиба одиночных и составных стержней [6].

Размеры одной штанги: $L_{ш} = 500$ мм, $D_{вн.} = 57$ мм, $D_{нар.} = 63$ мм, вес — 5,76 кг.

При проходке скважин проколом грунта, даже при вращающемся наконечнике, возможно отклонение последнего от заданного направления, это обусловлено неоднородностью плотности грунта, а также деформацией става.

В работе предлагается управление снарядом за счет выбора головки снаряда специфической фор-

мы, позволяющей при отсутствии вращения головной части снаряда возвратиться в точку, лежащую на оси нужного направления прокола. Головка снаряда выбрана в виде сечения цилиндра плоскостью наклоненной под углом к оси.

Для управления проколом в этом случае, необходимо закрепить подвижную часть головки снаряда скошенной плоскостью головки в направлении отклонения снаряда от оси прокола так, чтобы силы сопротивления грунта возвращали головку снаряда в исходное направление (Рис. 2).

Проведем математическое моделирование процесса перемещения головки снаряда в направлении перпендикулярном оси прокола. Процесс прокола грунта не является непрерывным. По технологии процес-

са прокола грунта необходима приостановка прокола для последовательного наращивания секций става. Таким образом, процесс прокола грунта является дискретным процессом, состоящим из n -непрерывных участков прохождения грунта, равных длине штанги. Для построения математической модели перемещения головки снаряда на каждом из непрерывных участков сделаем следующие допущения:

- вся масса перемещающихся секций става сосредоточена в головном снаряде бурового става;
- уплотнение грунта скважины производится только лобовой частью головки снаряда;
- весь став является одномерным упругим стержнем, имеющим на каждом из n -участков става постоянную жесткость $c_i (i=1, \dots, n)$.

С учетом вышесказанного, для определения величины перемещения на каждом из непрерывных участков проходки, будем исходить из возможности применения второго закона Ньютона.

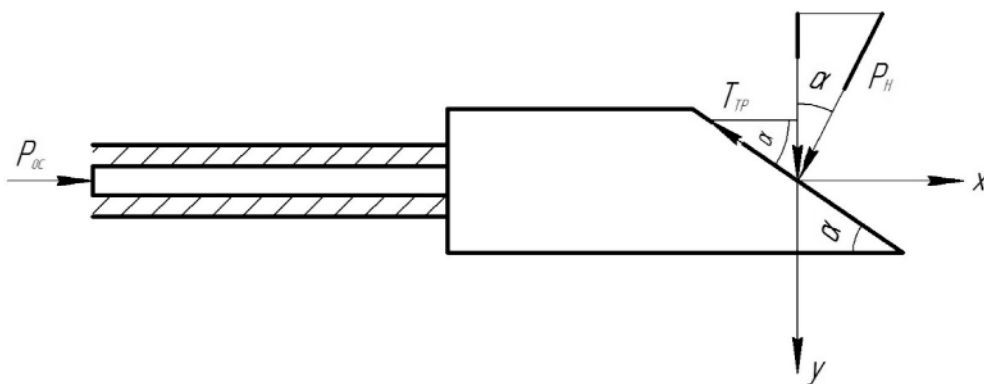


Рис. 2. Расчетная схема сил, действующих на рабочую головку со скошенной поверхностью

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_H - F_{TP} - F_{yn}, \quad (1)$$

где — F_H сила нормального давления,
— F_{TP} сила трения,
— F_{yn} сила сопротивления изгибу става.

Далее полагаем, что сила трения пропорциональна скорости перемещения головки става в нормальном направлении, а сила сопротивления изгибу пропорциональна перемещению головки става с коэффициентами пропорциональности сопротивления k и c_i ($i=1, 2, \dots, n$) соответственно. С учетом сказанного, уравнение движения на каждом из l -участков непрерывного движения можно представить как:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \cdot \cos \alpha - k \frac{dy}{dt} \cdot \sin \alpha - c_i y, \quad (2)$$

где: $P_H = 3,6 \cdot 0,2 \cdot 10^5$ Мпа;

S — площадь сечения головки става;

c_i — жесткость секций става.

Введем обозначения

$$w = \frac{\cos \alpha}{m}, \quad \gamma = \frac{k \sin \alpha}{m}, \quad \delta = \frac{c_i}{m}.$$

Тогда получим

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \gamma \frac{dy}{dt} + \delta \cdot y = w P_H, \quad (3)$$

На первом участке будем полагать

$$y|_{t=0} = 0; \quad \frac{dy}{dt}|_{t=0} = 0,$$

тогда решение уравнения (2) будет иметь вид

$$y = \frac{w}{\delta} P_H \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t} + 1 \right), \quad (4)$$

где

$$\lambda_1 = \frac{\gamma}{2} + \sqrt{\frac{\gamma^2}{4} - \delta}, \quad \lambda_2 = -\frac{\gamma}{2} - \sqrt{\frac{\gamma^2}{4} - \delta}$$

— корни характеристического уравнения $\lambda^2 + \gamma \lambda + \delta = 0$.

На основе разработанной математической модели была проведена серия численных расчетов.

Значения коэффициентов c_i были взяты из экспериментальных данных полученных в лаборато-

рии ООО "НПП Газтехника" (Табл.1). После обработки экспериментальных данных установлено, что коэффициент жесткости данного става может быть принят равным $c_i = 16 \cdot 10^3 / 9,4$ кгс/м. Коэффициент k , на основании численного эксперимента, был выбран равным $5,36 \cdot 10^5$ (кг/сек). Расчеты были проведены для углов $\alpha = \pi/6, \pi/4, \pi/3$, при времени перемещения рабочего органа $t = 15$ с.

В результате численного анализа получены следующие результаты:

Для угла $\alpha = \pi/6$ перемещение $y_1 = 3,3$ см; для угла $\alpha = \pi/4$ $y_1 = 1,95$ см, для угла $\alpha = \pi/3$, $y_1 = 1,24$ см.

Полученные численные значения корректировки траектории движения прокалывающей головки позволяют утверждать, что угол скоса плоскости α существенно влияет на вертикальные или горизонтальные смещения головки (направление корректировки траектории зависит от пространственного расположения скошенной поверхности). Наибольший эффект при $\alpha = \pi/6$.

После первой корректировки траектории движения прокалывающей головки (на длине одной штанги) возникает необходимость ее продолжения после наращивания очередной штанги. На этом этапе необходимо вычислить величину смещения головки снаряда уже с учетом наращивания очередной секции става. Для этого должна быть рассмотрена следующая краевая задача

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \gamma \frac{dy}{dt} + \delta y = w P_H, \quad y|_{t=0} = y_1, \quad \frac{dy}{dt}|_{t=0} = 0, \quad (5)$$

Решение уравнения (4) имеет вид:

$$y = \frac{w}{\delta} P_H \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t} \right) + y_1 \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_2 t} \right), \quad (6)$$

Расчеты по формуле (5) дают следующие результаты:

$$y_2 = y_1 + 3,16 \text{ см} = 3,3 \text{ см} + 3,16 \text{ см} = 6,46$$

см, для $\alpha = \pi/6$;

$$y_2 = y_1 + 1,89 \text{ см} = 1,95 \text{ см} + 1,89 \text{ см} = 3,84 \quad (7)$$

см, для ; $\alpha = \pi/4$

$$y_2 = y_1 + 1,2 \text{ см} = 1,24 \text{ см} + 1,2 \text{ см} = 2,44$$

см, для $\alpha = \pi/3$.

Принимая значения y_2 за начальные условия, можно вычислить значения y на следующем участке прокола. Все результаты были получены при

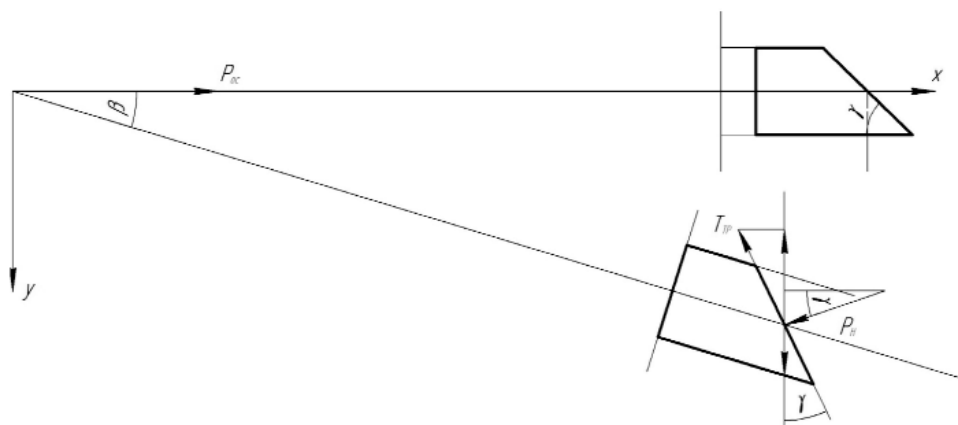


Рис. 3. Схема управления траекторией движения прокалывающей головки

малых значениях вертикального перемещения головки става.

В процессе прокола лобовая часть головки снаряда изменяет свою ориентацию в пространстве (рис. 3), с учетом принятых обозначений уравнение движения прокалывающей головки запишем в следующем виде

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \cdot \sin \gamma - k \frac{dy}{dt} \cdot \cos \gamma - c_i y$$

$$\gamma = \alpha - \beta;$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta, \quad (8)$$

Для малых значений угла β $\cos \beta \approx 1$; $\sin \beta \approx y/l$.

Тогда

$$\sin(\alpha - \beta) \approx \sin \alpha - \cos \alpha \cdot \frac{y}{l} \quad \text{и} \quad \cos(\alpha - \beta) \approx \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \frac{y}{l}$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \left(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \frac{y}{l} \right) - k \frac{dy}{dt} \left(\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \frac{y}{l} \right) - c_i y$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \sin \alpha - \frac{P_H \cos \alpha}{l} y - k \frac{dy}{dt} \cos \alpha - \frac{k \sin \alpha}{l} y \frac{dy}{dt} - c_i y \quad (8)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \frac{\sin \alpha}{m} - \frac{P_H \cos \alpha}{lm} y - \frac{k \cos \alpha}{m} \frac{dy}{dt} - \frac{k \sin \alpha}{lm} y \frac{dy}{dt} - c_i y$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = P_H \frac{\sin \alpha}{m} - \left(P_H \frac{\cos \alpha}{lm} + c_i \right) y - \frac{k \cos \alpha}{m} \frac{dy}{dt} - \frac{k \sin \alpha}{lm} y \frac{dy}{dt}$$

Введем обозначения

$$w = \frac{\sin \alpha}{m}; \quad \delta = P_H \frac{\cos \alpha}{lm} + c_i;$$

$$\gamma = \frac{k \cos \alpha}{m}; \quad \rho = \frac{k \sin \alpha}{em}.$$

С учетом принятых обозначений запишем

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = wP_H - \delta y - \gamma \frac{dy}{dt} - \rho y \frac{dy}{dt} \quad (10)$$

Решение этого нелинейного уравнения при начальных условиях $y|_{t=0}=0$; $dy/dt|_{t=0}=0$ позволяет получить значения смещений головки для последующих корректировок траектории движения.

Выводы:

1. Применение прокалывающих головок со скошенной поверхностью целесообразно только в установках, которые обеспечивают вращение става.
2. Угол скоса лобовой поверхности прокалывающей головки имеет значительное влияние на ее отклонение от траектории движения, для установок с управляемым проколом угол скоса поверхности целесообразно принимать равным $\alpha = \pi/6$.
3. Предложенные математические модели процессов корректировки траектории движения прокалывающей головки позволяют оперативно оценивать возможные отклонения рабочего органа от заданного направления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Супонев В.Н. Бестраншейные технологии прокладки распределительных инженерных коммуникаций / В.Н. Супонев, Н.Д. Каслин, В.И. Алексин // Научный вестник строительства. — 2008. — №499. — С. 213–217.
2. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций / С.В. Кравец, Н.Д. Каслин, В.К. Руднев, В.Н. Супонев. — Харьков: ООО "Фавор", 2008. — 256 с.
3. Григорьев А.С. Обоснование выбора параметров продавливающих установок в зависимости от

длины проходки / А.С. Григорьев // Сб. научных трудов ст-ов, магистров МГГУ, М.- 2004. — Выпуск 4. — С. 133–136.

4. Ромакин Н.Е., Малкова Н.В. Параметры рабочего инструмента для статического прокола грунта / Н.Е.Ромакин, Н.В. Малкова // Строительные и дорожные машины. — 2007. — № 11. — С. 31–33.

5. Гусев И.В. Применение управляемого прокола грунта при бестраншейной прокладке труб /И.В. Гусев, Ф.Л. Чубаров //Потенциал современной науки. — 2014. — № 2. — С. 30–33.

6. Земсков В.М. Анализ исследования лобового сопротивления при бестраншейной прокладке трубопроводов методом прокола / В.М.Земсков, А.В. Судаков // Тула: ТулГУ. Известия ТулГУ. Серия Подъемно-транспортные машины и оборудование.- 2005. — Вып.6. — С. 35–38.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання впливу жорсткості штанг і вузлів їх з'єднання на траєкторію руху проколюючої головки. Представлені експериментальні дані дослідження жорсткості штаг установки для проколу ґрунту. Запропоновано математичні моделі траєкторії руху проколюючої головки.

Ключові слова: бестраншейні технології, жорсткість штанги, математична модель, проколююча головка, керований прокол.

ANNOTATION

The influence of the rigidity of the rods and their connections to the trajectory of the thrust boring head has been considered. Experimental analysis data of therods' rigidity of the thrust boring plant has been presented. Mathematical models of the trajectory of the thrust boring head have been proposed.

Key words: trenchless technologies, rod rigidity, mathematical model, thrust boring head, steerable thrust boring.

УДК 339.03:69.059.7

*М.В. Горбач, КНУБіА, м. Київ***МЕТОДИКА ФОРМАЛІЗАЦІЇ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНИХ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДИНКУ****АНОТАЦІЯ**

Пропонується метод обґрунтування раціональних (щодо тривалості і вартості реалізації проекту) організаційно-технологічних рішень комплексної термомодернізації житлової забудови з урахуванням специфічних особливостей виробництва ремонтних, будівельно-монтажних та демонтажних робіт на різних етапах організаційно-технічної підготовки. Метод має інструмент, що дозволяє будь-якому учаснику інвестиційно-будівельного процесу, залежно від наявної інформації, одержати чисельне значення тривалості і вартості реалізації проекту комплексної термомодернізації і при необхідності виконати їх коригування шляхом зміни прийнятих організаційно-технологічних рішень. Діапазон дії методу: від моменту виникнення ідеї до розробки проекту виробництва робіт.

Ключові слова: термомодернізація, організаційно-технологічні рішення, тривалість, вартість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Метод організаційно-технологічного обґрунтування тривалості і вартості комплексної термомодернізації житлової забудови розроблений з урахуванням відомих методів дослідження технологічності та організаційно-технологічної надійності ухвалюваних рішень, розроблених О.А. Гусаковим, В.М.Кірносом, Ю.Б. Монфредом, П.П. Олійником, Б.В. Прикіним, Т.М. Цаєм, А.К. Шрейбером, К.А. Шрейбером, методу багатоцільової селективної технологічних рішень, запропонованого Е.К. Завадскасом, конгруометричного методу дослідження та вирішення організаційно-технологічних задач, характерних для умов термомодернізації об'єктів будівництва, запропонованого В.А.Давидовим та інших методів.

Метою методу є обґрунтування раціональних (щодо тривалості і вартості реалізації проекту) організаційно-технологічних рішень комплексної термомодернізації житлової забудови з урахуванням специфічних особливостей виробництва ре-

монтних, будівельно-монтажних та демонтажних робіт на різних етапах організаційно-технічної підготовки.

Метод має інструмент, що дозволяє будь-якому учаснику інвестиційно-будівельного процесу, залежно від наявної інформації, одержати чисельне значення тривалості і вартості реалізації проекту комплексної термомодернізації і при необхідності виконати їх коригування шляхом зміни прийнятих організаційно-технологічних рішень. Діапазон дії методу: від моменту виникнення ідеї до розробки проекту виробництва робіт.

Комплексна термомодернізації житлової забудови має цілу низку специфічних особливостей, які відрізняють її від нового будівництва, тому процес обґрунтування T_i та C_i є багатостадійним. Тривалість і вартість комплексної термомодернізації необхідно знати хоча б приблизно вже на стадії розробки техніко-економічного обґрунтування.

У міру накопичення інформації з'являється необхідність уточнення тривалості і вартості при видачі завдання на проектування, при розробці проекту організації будівництва, при проведенні тендера або укладанні договору підряду, при розробці проекту виробництва робіт тощо.

На кожній стадії формуються вимоги до якості результату, тобто в міру накопичення інформації необхідно з більшою точністю прогнозувати тривалість виробництва робіт та їх вартість.

Основним прийомом реалізації методу є систематизація й класифікація факторів і параметрів, що впливають на показники ефективності організаційно-технологічних рішень комплексної термомодернізації житлової забудови, їх кількісна оцінка та виявлення закономірностей впливу, розробка моделей обґрунтування тривалості і вартості реалізації проекту та практичних прийомів їх коригування в залежності від поставленої мети.

Об'єктом методу є організаційно-технологічні та економічні фактори і параметри, які характеризують об'єкт комплексної термомодернізації (житловий квартал або мікрорайон) і впливають на тривалість виробництва будівельно-монтажних і демонтажних робіт та вартість будівельної продукції, їх взаємодія і при необхідності коригування.

В основі методу лежить передумова про необхідність перетворення складної багатокритеріальної задачі на більш просту. Цей процес зміни структури висуває на передній план найважливіші сторони вирішуваної проблеми.

Основний зміст

Метод організаційно-технологічного обґрунтування тривалості і вартості комплексної термомодернізації житлової забудови базується на гіпотезі про залежність прогнозованих техніко-економічних показників проектів T_i (тривалості) та C_i (вартості) від різних організаційно-технологічних та економічних факторів, які проявляються на різних етапах організаційно-технічної підготовки будівництва, та можливості нейтралізації (локалізації) нега-

тивного їх впливу на T_i та C_i в процесі проектування та виробництва будівельно-монтажних робіт.

При розробці методу використані принципи дивергенції, трансформації та конвергенції.

Принцип дивергенції (розширення меж) використовується з метою забезпечення простору для пошуку раціональних рішень. Цей принцип може використовуватися на початковому етапі розробки для перевірки значущості різних організаційно-технологічних та економічних факторів і пара-

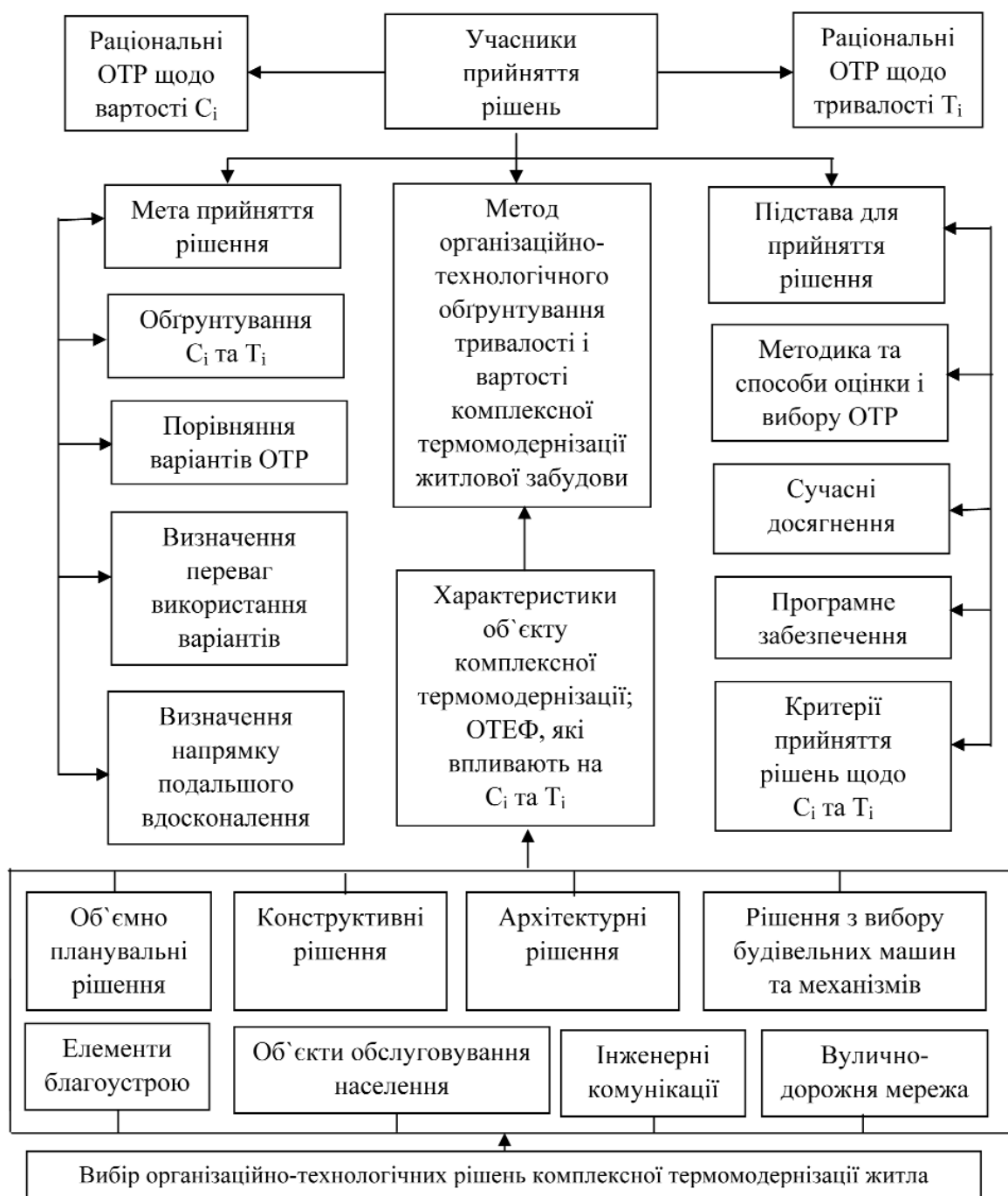


Рис. 1.1. Процес прийняття організаційно-технологічних рішень комплексної термомодернізації житлової забудови

метрів, що впливають на показники ефективності організаційно-технологічних рішень комплексної термомодернізації житлової забудови.

При цьому повинні враховуватися наступні особливості, характерні для дивергенції:

- оцінка впливу (організаційно-технологічний економічний ефект) ОТЕФ не виконується;

- всі фактори, які можуть здійснювати вплив на тривалість і вартість, повинні прийматися до уваги, навіть якщо вони суперечать один одному;

- в процесі дивергентного пошуку можуть виникнути додаткові цілі та обмеження.

На стадії дивергентного пошуку основною помилкою може бути неправильна постановка цілей, задач та шляхів їх реалізації.

При застосуванні принципу трансформації після дивергентного пошуку ухвалюються рішення на підставі аналізу досліджуваних ОТЕФ, які повинні відображати реальні організаційно-технологічні особливості комплексної термомодернізації житлової забудови при визначенні тривалості та вартості. В результаті застосування цього принципу розробляється загальна концептуальна схема методу з виділенням найбільш значущих ОТЕФ та факторів, якими можна знехтувати, фіксуються цілі та межі, охоплювані методом, виявляються найважливіші змінні, систематизуються обмеження. Зазвичай може бути запропоновано декілька трансформацій, кожна з яких забезпечує досягнення прийнятного результату (хоча при цьому можуть бути задіяні різні ОТЕФ). Тому з метою неприпустимості безлічі результатів здійснюється класифікація ОТЕФ, що дещо обмежує кількість можливих трансформацій.

Коли виконано дивергентний пошук та одержано трансформації вирішення проблеми в методі застосовується принцип конвергенції, тобто розв'язання другорядних протиріч до тих пір, поки з можливих альтернативних моделей організаційно-технологічного обґрунтування тривалості та вартості комплексної термомодернізації житлової забудови не будуть обрані найбільш суттєві. На цій стадії метод характеризується жорсткістю методики, прагненням зменшити невизначеність, деталізацією моделей.

Для користувачів методу стадія конвергенції є найбільш прийнятною, оскільки застосування принципів дивергенції та трансформації потребує значних інтелектуальних і трудових витрат, тому вони можуть бути застосовані при використанні

запропонованого методу для адаптації його до різних галузей промисловості, для нового будівництва або при зміні поставлених цілей і задач.

Система організаційно-технологічного обґрунтування тривалості та вартості комплексної термомодернізації житлової забудови розглядається як саморегульована система, яка складається з керуючої та керованої підсистем. В якості керованої підсистеми розуміється множина організаційно-технологічних та економічних факторів і параметрів, які характеризують будівельні об'єкти житлових кварталів (мікрорайонів), що підлягають комплексній термомодернізації, які впливають на тривалість та вартість комплексної термомодернізації; раціональні значення тривалості та вартості є вихідними параметрами системи.

Для дослідження поведінки системи в методі широко застосовуються прийоми моделювання процесів. При цьому використовуються математичні, кібернетичні, структурні та функціональні моделі.

При конструюванні моделей прийняті наступні загальні передумови.

Кожний з параметрів, що характеризують внутрішній стан об'єкта комплексної термомодернізації, є функцією часу:

$$x_1 = x_1(t); x_2 = x_2(t); \dots; x_i = x_i(t); \dots; x_m = x_m(t).$$

Кожна з функцій $x_i(t)$ ($i=1,2,\dots,m$) може бути компонентою вектор-функції внутрішнього стану об'єкта комплексної термомодернізації:

$$\bar{X} = \bar{X}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_i(t), \dots, x_m(t)).$$

Кожний з вихідних сигналів (зовнішніх впливів) є функцією часу:

$$z_1 = z_1(t); z_2 = z_2(t); \dots; z_j = z_j(t); \dots; z_k = z_k(t).$$

Кожна з функцій $z_j(t)$ ($j=1, 2, \dots, k$) може бути компонентою вектор-функції зовнішнього впливу:

$$\bar{Z} = \bar{Z}(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_j(t), \dots, z_k(t)).$$

Кожний з вихідних параметрів є функцією часу:

$$e_1 = e_1(t); e_2 = e_2(t); \dots; e_r = e_r(t); \dots; e_l = e_l(t).$$

Кожна функція $e_r(t)$ ($r=1, 2, \dots, l$) може бути компонентою результуючої вектор-функції:

$$\bar{E} = \bar{E}(t) = (e_1(t), e_2(t), \dots, e_r(t), \dots, e_l(t)).$$

Вектор-функція стану $\bar{X}(t)$ залежить від вектор-функції зовнішнього впливу $\bar{Z}(t)$:

$$\bar{X}(t) = \tilde{A}(\bar{Z}(t)),$$

де $\tilde{A}$ — оператор, встановлює відповідність між вектор-функцією стану $\bar{X}(t)$ та вектор-функцією зовнішніх впливів $\bar{Z}(t)$.

Результуюча вектор-функція $\bar{E}(t)$ може визначена через вектор-функції стану $\bar{X}(t)$:

$$\overline{E(t)} = \widetilde{N}(\overline{X(t)}),$$

де $\widetilde{N}$ — оператор, що встановлює відповідність між результуючою вектор-функцією $\overline{E(t)}$ та вектор-функцією стану $\overline{X(t)}$.

При дослідженні поведінки системи використовуються наступні прийоми: накопичення статистичного матеріалу, який характеризує внутрішній стан об'єкта комплексної термомодернізації в цілому та в окремі періоди; роздільне дослідження етапів комплексної термомодернізації, їх аналіз, визначення впливу на кінцевий результат та синтез одержаних результатів; систематизація та узагальнення одержаних результатів при вирішенні окремих задач; загальні розрахунки, що об'єднують систему в єдине ціле.

Організаційно-технологічні та економічні фактори, які характеризують об'єкт комплексної термомодернізації та впливають на тривалість і вартість реалізації проекту, можна представити у вигляді моделей типу:

$$OTEF \in F_1, F_2, \dots, F_c;$$

$$F_1 \in f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1d};$$

$$F_2 \in f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2g};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$F_c \in f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{ch};$$

де OTEF — множина організаційно-технологічних та економічних факторів, що характеризують об'єкт комплексної термомодернізації та впливають на тривалість і вартість реалізації проекту;

$F_1, F_2, \dots, F_c$ — підмножини організаційно-технологічних та економічних параметрів;

$f_{11}, \dots, f_{ch}$ — елементарні властивості.

Об'єкт комплексної реконструкції може характеризувати безліч OTEF, проте не всі з них можуть бути відображені у моделях. Це протиріччя вирішується обмеженням рівня деталізації моделей і введенням принципу мінімакса.

Адекватність представлення сукупності OTEF моделями забезпечується цілеспрямованим, поетапним (дивергенція — трансформація -конвергенція) формуванням сукупностей факторів і параметрів, що характеризуються визначеністю, незалежністю всередині підсистеми, взаємозв'язком з іншою підсистемою, керованістю, необхідністю, достатністю та суттєвістю.

Визначеність факторів і параметрів досягається використанням при моделюванні прийому набли-

женої подібності, тобто в множині OTEF відбираються лише ті, які відрізняють умови комплексної термомодернізації від нового будівництва.

Незалежність факторів і параметрів, які входять до моделі, визначається шляхом парного порівняння факторів і параметрів, що входять до системи. При цьому залежні властивості агрегуються або виключаються з розгляду.

Взаємозв'язок факторів і параметрів визначається також шляхом парного порівняння кожного з OTEF, що розглядаються, з іншими. Невзаємозв'язані OTEF не розглядаються.

Керованість OTEF оцінюється можливістю зміни інтенсивності їх прояву на різних стадіях підготовки будівельного виробництва.

Достатність OTEF, яка характеризує повноту моделі, досягається багатокроковим коригуванням з аналізом OTEF, що не розглядаються, які виявлені в результаті перевірки на незалежність та взаємозв'язок, і, при необхідності, пошуком можливості відображення їх впливу іншими OTEF.

Необхідність OTEF досягається багатокроковим коригуванням моделей з перевіркою кожного з OTEF, що входять до системи, на взаємозв'язок з вихідними параметрами.

Суттєвість OTEF визначається шляхом вирахування коефіцієнтів вагомості. OTEF з суттєвістю менше прийнятого рівня з моделі виключаються.

Кожний з OTEF, що входять до системи і моделі, повинен мати здатність до формалізації, тобто відображення характеру прояву чисельною характеристикою. Основними умовами формалізації є неподільність на рівні ієрархії, що розглядається, та можливість кількісного виміру характеру прояву OTEF. Для цього кожен з OTEF, що входять до системи, входить в один з показників, які формуються, виходячи з можливостей: дати наочне уявлення про один або декілька OTEF і характер їх прояву; одержувати безрозмірну характеристику прояву OTEF, що змінюється в єдиному числовому інтервалі [114].

Сформовані таким чином OTEF можуть визначати з заданою точністю $\overline{X(t)}$ або $\overline{E(t)}$, а моделі будуть мати наступний вигляд:

$$\overline{X(t)} = \widetilde{A}^*(\overline{Z(t)}), \quad 1.1$$

$$\overline{E(t)} = \widetilde{N}^*(\overline{X(t)}), \quad 1.2$$

$\overline{X^*(t)}, \overline{E^*(t)}$ — наближені значення вектор-функції стану та результуючої вектор-функції.

$\overline{Z^*(t)}$ — вектор, одержаний з вектору $\overline{Z(t)}$ виключенням певних компонентів.

Далі будуються наближені оператори, що визначають кожну компоненту вектор-функцій $\bar{X}^*(t)$, та $\bar{E}^*(t)$ через відповідну підмножину повної множини суттєво впливаючих факторів.

Такий підхід дозволяє виявити окремі найбільш значущі залежності. При необхідності моделі можуть розширюватися шляхом введення допоміжних вектор-функцій або окремих їх компонент.

Наявність моделей типу (1.1-1.2) дозволить виявити залежності між окремими ОТЕФ і тривалістю та вартістю комплексної термомодернізації житлової забудови, обрати раціональну стратегію регулювання техніко-економічних показників, виконувати аналіз зміни параметрів під впливом вхідних сигналів, виконувати експерименти з широким застосуванням можливостей обчислювальної техніки.

Застосування запропонованого методу організаційно-технологічного обґрунтування тривалості та вартості комплексної термомодернізації житлової забудови на передінвестиційній стадії дозволяє виконати аналіз декількох можливих варіантів організаційно-технологічних рішень з метою досягнення раціональних результатів. При цьому виявляється характер взаємодії ОТЕФ, ступінь їх впливу на тривалість та вартість комплексної термомодернізації житлової забудови.

Запропоновані методологічні принципи організаційно-технологічного проектування комплексної термомодернізації житлової забудови дозволяють визначити відповідність житлового фонду умовам навколишнього середовища і виявити напрями його оптимізації з метою підвищення стандартів рівня життя завдяки поліпшенню житлових умов і забезпеченості населення України житлом.

Підвищення вартості енергоресурсів, стрімка зміна клімату в Україні — все це є причинами для впровадження методів підвищення енергетичної ефективності будівель на стадії їх проектування. На сьогодні велика кількість будинків в Україні не відповідає вимогам енергозбереження. Розробка нових та розвиток наявних методів, що на ранніх стадіях розробки проектів підвищують енергоефективність будівель, є актуальною задачею.

Енергозбереження є світовою науковою проблемою. Дослідження проводилися і проводяться по багатьох напрямках. Проектуванню енергоефективних будинків присвячені роботи М.М. Бродач, А.Н. Дмитриєва, Т.А. Маркуса, Е.Н. Морріса, В.Л. Мартинова, Т.О. Кащенко, М.П. Селіванова,

Н.А. Шилкіна. В методах моделювання теплового режиму будинків цих авторів переважає системний підхід, за якого будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається із взаємозалежних елементів.

У роботах О.В. Сергійчука розроблені методи оптимізації форми енергоефективних будинків та їх окремих елементів засобами прикладної та обчислювальної геометрії на основі моделювання і аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в огорожувальних конструкціях і середовищах.

Висновки

При проведенні енергоаудиту в будинках повинні бути оцінені такі чинники і системи, які впливають на рівень енергоспоживання та створення необхідних умов життєдіяльності людини:

— огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);

— система опалення;

— система вентиляції;

— система гарячого водопостачання;

— автоматичні системи управління;

— освітлення;

— різне обладнання — кухонне, пральне і т.д.;

— система кондиціювання повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Табуничиков Ю.А. Энергоеффективные здания / Ю.А. Табуничиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин — М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. — 200 с.

2. В.В. Демченко, Х.М. Чуприна, О.В. Невмержицький. Методи підвищення енергоефективності будівлі // Управління розвитком складних систем. — 2013. — Вип. 16 (16). — С. 138 — 143.

3. Галузева программа підвищення енергоефективності у будівництві на 2010-2014 роки, що затверджена Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30.06.2009 №257.

4. Табуничиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табуничиков, М.М. Бродач — М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.

5. Нечепуренко Д.С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови / Д.С. Нечепуренко // Строительство, машиностроение, машиностроение. Днепропетровск: ГВУЗ "ПГАСА", 2014. — Вип. 74. — С. 120-126.

6. Воронецький С.С. Методика формалізації процесів організації будівництва шляхом інтеграції семантичних елементів до складу ресурсно-календарних моделей. //Збірник наукових праць "Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.". — Вип. 18. -К.: КНУБА, 2008. — С. 89 — 101.

7. Комплексна державна програма енергозбереження України на період 1996- 2010рр. // www.uazakon.com.

8. Долінський А.А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики // Вісник НАН України. — 2006. — №2. — С.234.

9. Меркушов В.Т. Енергозбереження як складова частина енергетичної безпеки України // Енергоінформ. — 1998. — №1. — С.1.

АННОТАЦІЯ

Предлагается метод обоснования рациональных (по продолжительности и стоимости реализации проекта) организационно-технологических решений комплексной термомодернизации жилой застройки с учетом специфических особенностей производства ремонтных, строительно-монтажных и демонтажных работ на различных этапах организационно-технической подготовки. Метод имеет инструмент, позволяющий любому участнику инвестиционно-строительного процесса, в зависимости от имеющейся информации, получить

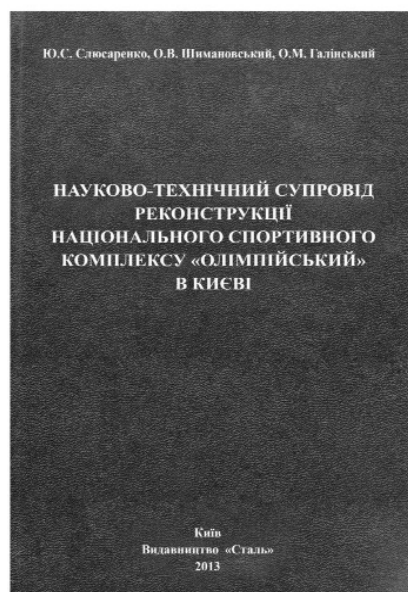
численное значение продолжительности и стоимости реализации проекта комплексной термомодернизации и при необходимости выполнить их корректировки путем изменения принятых организационно-технологических решений. Диапазон метода: с момента возникновения идеи до разработки проекта производства работ.

Ключевые слова: термомодернизация, организационно-технологические решения, продолжительность, стоимость.

ANNOTATION

The method of rational justification (about the length and cost of the project) organizational and technological solutions integrated thermo residential development to the specific characteristics of production maintenance, construction and dismantling works at different stages of organizational and technical training. The method has a tool that allows any participant investment and construction process, depending on the available information, obtain a numerical value of the length and cost of the project complex thermo and if necessary perform their adjustment by changing the adopted organizational and technological solutions. The range of the method: from idea inception to project development of the work.

Keywords: thermo, organizational and technological solutions, duration and cost.



Пропонуємо наші нові видання

Науково-технічний супровід реконструкції Національного спортивного комплексу «Олімпійський» в Києві

У книзі з єдиних методологічних позицій викладено комплексний підхід до організації й проведення робіт із науково-технічного супроводу реконструкції НСК «Олімпійський» та визначено оцінку впливу проведених робіт на будівництво у цілому. Представлено загальну характеристику сучасної нормативної бази України з науково-технічного супроводу будівництва. Наведено загальні дані щодо проектних рішень із реконструкції НСК «Олімпійський». Розкриті питання науково-технічного супроводу робіт із обстеження та проектування реконструкції існуючих конструкцій будівель і споруд як на території НСК «Олімпійський», так і на території, що його оточує, а також нового проектування й будівництва електростанції «Олімпійська» і споруд зони гостинності. Викладено результати робіт із науково-технічного супроводу проектування і спорудження висячого покриття над трибунами НСК «Олімпійський». Висвітлені питання науково-технічного супроводу складних технологічних процесів, які входили до складу виконаних при реконструкції НСК «Олімпійський» різних будівельно-монтажних робіт.

Для науковців, інженерів, викладачів, аспірантів, магістрів, бакалаврів і студентів технічних вузів.

3 питань придбання звертатись: т/ф.: (044) 248-48-68, E-mail: vistavca@ukr.net

УДК 624.011

*А.О. Буряк, аспірант, КНУБА, Київ;
Д.В. Михайловський, к.т.н.*

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ LVL-БАЛОК В ПОРІВНЯННІ З БАЛКАМИ ЗІ ЗВИЧАЙНОЇ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

АНОТАЦІЯ

Виконано порівняльний аналіз балок з клеєного шпону (LVL) та клеєної деревини. Прослідковано історію виникнення балок з LVL і перспективи їх використання в будівництві. Визначені переваги та недоліки LVL-балок.

Ключові слова: клеєна деревина, клеєний шпон, балки, будівництво.

Вступ

Деревина — дуже практичний, надійний і незамінний в будівництві матеріал. За допомогою сучасних методів технологічної обробки, з основними недоліками цільної деревини навчилися успішно справлятися, отримуючи на її основі матеріали з вражаючими експлуатаційними характеристиками. Конструкції і елементи з дерева, а особливо сучасні з клеєної деревини, кращі для виготовлення деяких видів будівельних конструкцій, ніж сталеві або залізобетонні. За рахунок своїх виняткових фізико-механічних властивостей, вони більш технологічні у роботі, легко монтуються. А низька теплопровідність, висока питома міцність і пружність, стійкість до хімічно агресивних середовищ, роблять їх в деяких випадках і зовсім незамінними. В першу чергу, елементи з деревини застосовуються в таких відповідальних конструкціях, як несучі каркаси стін, балки перекриттів і кроквяні системи. У відсутності прямого зволоження і при достатній вентиляції, дерев'яні конструкції служать багато років, не вимагаючи додаткової обробки в період експлуатації. Низька теплопровідність дозволяє без проблем заповнювати дерев'яні конструкції теплоізоляційним матеріалом, не побоюючись появи конденсату (як у випадку з металокаркасом) і намокання утеплювача. З основними недоліками дерева, такими як схильність до гниття і горючості, навчилися боротися досить ефективно. Більш того, заходи щодо протипожежного захисту обходяться значно дешевше, ніж вогнезахист металокаркасів.

Постановка проблеми

На ринку деревинних матеріалів з'являються щораз нові вироби. Одним з перспективних вважаються балки з клеєного шпону (LVL). По-перше, сировиною для них слугує тонкомірною деревина та деревина молодих лісонасаджень. По-друге, балки та плити з тонкомірної деревини можуть вироблятися будь-якої довжини та ширини, обмеженої лише технологічним обладнанням. По-третє, де б не застосовувалися балки з клеєного шпону (несучі елементи будівельних конструкцій, сходи, віконні рами тощо), вони завжди міцніші за пиломатеріали. Виходячи з усього вищенаведеного постає питання про порівняння балок з клеєного шпону та клеєної деревини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тематика статті відповідає науково-технічному напрямку в оцінці технічного стану будівель та споруд згідно з постановою Кабінету Міністрів України №409 від 06.08.2014 р., та у забезпеченні надійності й безпеки будинків, споруд і комунікацій за постановою Кабінету Міністрів України №1313 від 20.08.2000 р.

Цілі статті

Основна мета даної публікації полягає в визначенні переваг балок з клеєного шпону (LVL) в порівнянні з балками з клеєної деревини.

Виклад основного матеріалу

При всіх своїх перевагах цільна деревина як природний матеріал має ряд суттєвих недоліків. Наприклад, велика залежність механічних властивостей від спрямування волокон, так звана анізотропія. Сучки, завилькуватість (безладне розташування волокон) та інші вади деревини також додають проблем. В результаті поведінку пиломатеріалу з вологістю в межах 12-18% після монтажу в проектно-положення передбачити іноді буває досить важко (прогин, жолоблення, розтріскування тощо), а ослаблені ділянки конструкцій можуть проявитися в самих відповідальних місцях. З усуненням всіляких дефектів, які знижують споживчі якості дерев'яних елементів борються по-різному. При виробництві клеєного бруса заготовки пиломатеріалу (дошку) після видалення вад і дефектів склеюють на зубчастий шип по довжині і в декілька шарів по пласті. Міцність такого матеріалу ви-

ще, ніж у звичайного бруса з цільної деревини. Найбільш прогресивний з подібних матеріалів — плита OSB (ОСП). До недоліків плит можна віднести відносно малу міцність. Найбільш стара і відпрацьована технологія виготовлення фанери шляхом склеювання листів шпону. Багатошаровість і рівномірний розподіл вад і дефектів деревини по всьому об'єму дозволяють одержувати відносно високоміцний матеріал. Шари шпону зазвичай мають взаємно перпендикулярний напрямок волокон, що не дозволяє повною мірою домогтися від фанери міцності деревини. Важливо й те, що листи фанери мають обмежений розмір.

Розвиток технології виробництва багатошарового матеріалу зі шпону в підсумку дозволив отримати перспективний матеріал, що володіє абсолютно новими монтажними та експлуатаційними характеристиками.

Поняття LVL — це скорочення від англійського терміна Laminated Veneer Lumber, що означає ламінована балка зі шпону. Необхідність застосування такого будівельного матеріалу в каркасному будівництві виникла у зв'язку з тим, що довжина прольотів обмежена конструктивними особливостями цільної деревини і вимагає досить значних поперечних перерізів. Тому виникла потреба в новому конструктивному матеріалі, досить легкому, щоб будівництво каркасного будинку могло проводитися без залучення важкої техніки (Рис. 1).

Це матеріал нового покоління для дерев'яних конструкцій. Виготовляється методом клейового з'єднання шпону хвойних порід (сосна, модрина, ялина) у кілька шарів товщиною до 3 мм (рис. 2). Характерна особливість — паралельне розташування волокон сусідніх деревних шарів, в цьому і відмінний LVL від звичайної фанери або балки з клеєної деревини. Виробляється у вигляді бруса і плит різного розміру. LVL досить легко обробляється як у виробничих умовах, так і безпосередньо на будмайданчику. Технологія виготовлення LVL була винайдена в лабораторії Федеральної Лісництва США в 1935 р. Широке виробництво LVL-матеріалів в комерційних цілях почалося в США в 60-х роках минулого століття компанією TrustJoist (згодом I-Level, з недавніх пір стала одним з підрозділів одного з основних світових переробників деревини у США, фірми Вайерхаузер (Weyerhaeuser)).

Для виготовлення LVL застосовується шпон високої якості, без сучків та інших дефектів. Листи шпону укладаються зі зміщенням, це створює додаткову міцність, так як такий спосіб не послаблює LVL в місцях закінчення листа.

У цьому місці наступні шари щільно охоплюють шар, що закінчився, таким чином у структурі LVL немає внутрішніх стикових з'єднань між шарами шпону. Незважаючи на всю зовнішню схожість з фанерою, LVL абсолютно новий високо-

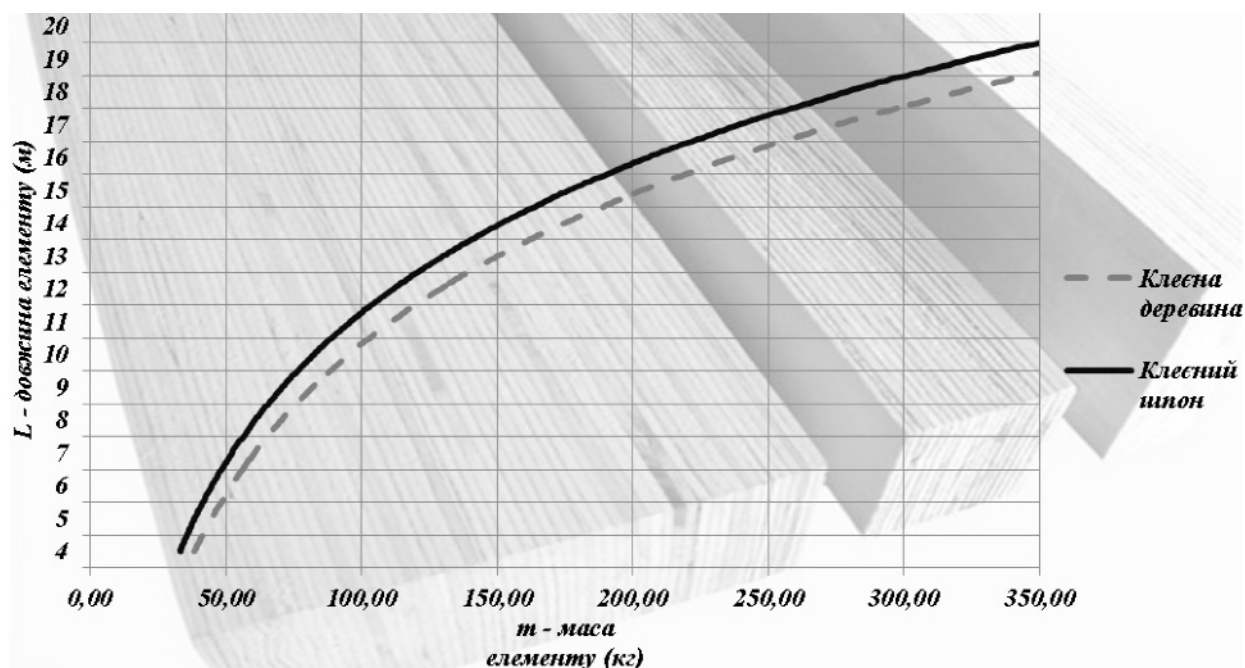


Рис. 1. Графік співвідношення ваги конструкції

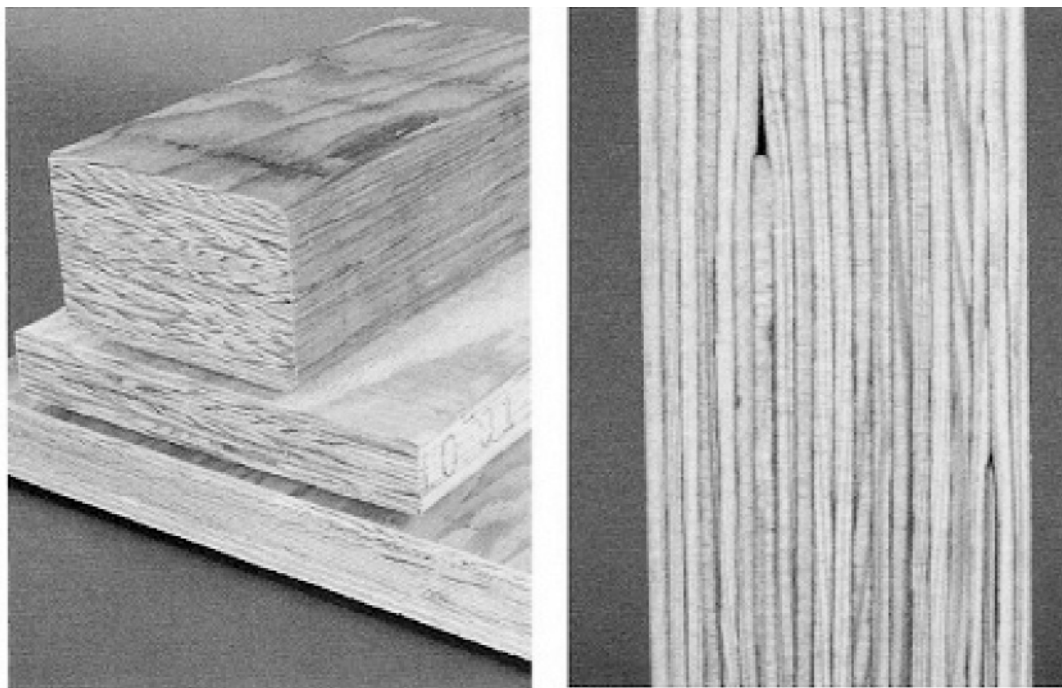


Рис. 2. Балка з клеєного шпону (LVL)

технологічний композиційний матеріал. Процес виробництва відбувається в стрічковому пресі безперервної дії. Важливо, що до пресування пакет з нанесеним на поверхню шпону клеєм "підігрівається" в електромагнітному полі надвисокої частоти. Це дозволяє прискорити процес, при цьому зменшуючи в'язкість клею для більш повного просочення ним деревного шару. Цей матеріал володіє такими характеристиками: висока міцність, мала схильність вбирання вологи і стабільність геометричних розмірів. При цьому LVL однорідний, його фізичні властивості незмінні по всій довжині. Води і дефекти видаляються в процесі виробництва, завдяки чому цей матеріал володіє гарантованими виробником заданими характеристиками, які значно вищі, ніж у деревини як цільної так і клеєної. Дивлячись на графік на рис. 3 можна зробити висновок, що для балок LVL та балок зі звичайної клеєної деревини однакової довжини, необхідно використати менше деревини. Об'єм балок LVL буде на 10-15% менше за балки зі звичайної клеєної деревини тієї самої довжини. Крім того, якщо розміри балки з цільної деревини обмежені природною висотою стовбура, то LVL може бути практично будь-якої довжини. Технологічний процес дозволяє отримувати конструкції, обмежені тільки можливостями технологічної лінії виготовлення та транспортування.

Зазвичай балки з клеєного шпону (LVL) засто-

совуються для перекриття великих прольотів. Товщина і ширина таких балок вибирається в залежності від величини навантаження та прольоту.

Існують стандартні розміри балок LVL, які дозволяють проектувальнику підібрати балку потрібного перерізу для вирішення конкретної задачі.

В останні роки активне застосування в Північній Америці балок LVL в каркасному будівництві дозволило збільшити швидкість зведення будинку під покрівлю.

В силу структурної однорідності LVL вдалося домогтися підвищення міцнісних характеристик балки. Виходячи з цього головне використання LVL — це несучі каркаси будівель і споруд різноманітного призначення. У Північній Америці найбільшу популярність набуло застосування LVL в якості стійок каркасних будівель, кроквяних ніг та балок перекриття. Оскільки довжина балки з клеєного шпону не має ніяких обмежень, бруси LVL використовують при створенні великих прольотів і приміщень значних обсягів.

Особливо актуальним є застосування конструкцій з клеєного шпону для будівель і споруд з підвищеною хімічною агресивністю (сільськогосподарські споруди, місця зберігання хімреактивів), в спорудах з високою вологістю (басейни, аквапарки). Балки і плити з LVL можна застосовувати в конструкціях силової опалубки. Прогресивні методи обробки деревини кардинально

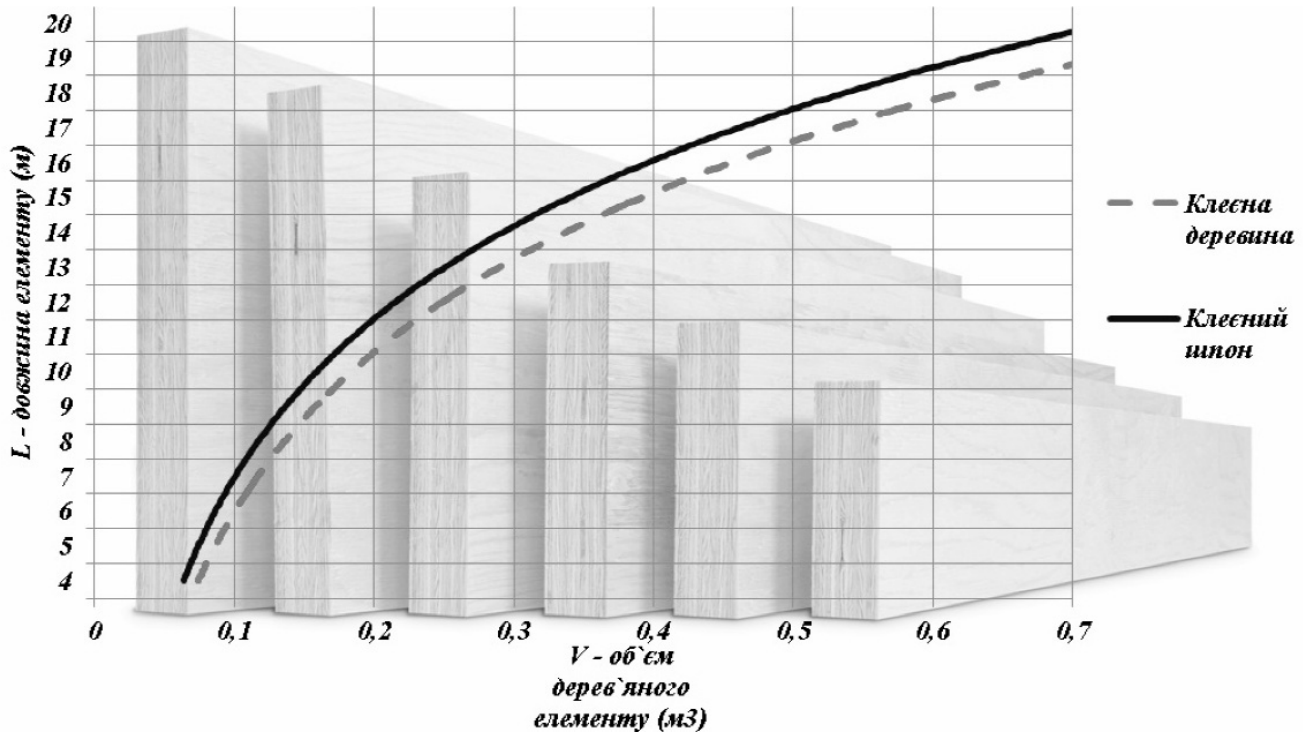


Рис. 3. Графік співвідношення об'єму до довжини елементів

змінюють властивості цього матеріалу, і більш того, дозволяють створювати на його основі продукти з принципово новими монтажними та експлуатаційними характеристиками.

Здається парадоксальним, що деревина може бути будівельним матеріалом індустріальної епохи. Ще чотири століття тому від дерева відмовилися заради більш прогресивної цегли, як пізніше від цегли відмовилися заради бетону. Допустимі навантаження на згин і розтяг вздовж волокон у LVL майже вдвічі перевищують аналогічні показники для звичайних пиломатеріалів. Довжина балок LVL може бути обмеженою лише технологічним обладнанням і умовами транспортування, а отже сягати 20-24 метрів, що є незаперечною перевагою LVL перед пиломатеріалами з цільної масивної деревини. Але є також суттєвий недолік у балок LVL — це їх ціна (Рис. 4).

Як будівельний матеріал, LVL володіє унікальним набором властивостей. На відміну від звичайних пиломатеріалів, він здатний зберігати точні лінійні розміри незалежно від сезонних коливань вологості і температури. Він не деформується і не жолобиться від вогкості, має мінімальні показники природної усушки. За цими характеристиками конкуренцію йому міг би скласти клеєний брус, однак міцність LVL вище, ніж у клеєного бруса.

До переваг LVL-балок можна віднести такі:

- > Високі теплоізоляційні і акустичні характеристики.
- > Добре поєднується з будь-яким видом утеплювачів.
- > Хороша оброблюваність із застосуванням традиційних інструментів, як в умовах виробництва, так і на будівельному майданчику.
- > Можливість застосування широковідомих кріпильних виробів і конструктивних рішень для з'єднання елементів балок між собою та іншими матеріалами.
- > Повне або часткове виключення застосування вантажопідйомних механізмів через малу вагу, що здешевлює будівництво (досить велика балка розміром 12х0,3х0,033 м важить всього 60 кг).
- > Висока точність деталей, виробів (за рахунок стабільності лінійних розмірів) порівняно з деревиною (розбухання, викривлення).
- > Можливість виготовлення, у тому числі на будівельному майданчику, різних виробів, що підвищує конструктивні характеристики, несучі властивості (двотаврові балки коробчатого перерізу тощо).
- > Мають досить високу міцність при невеликих розмірах перерізу.

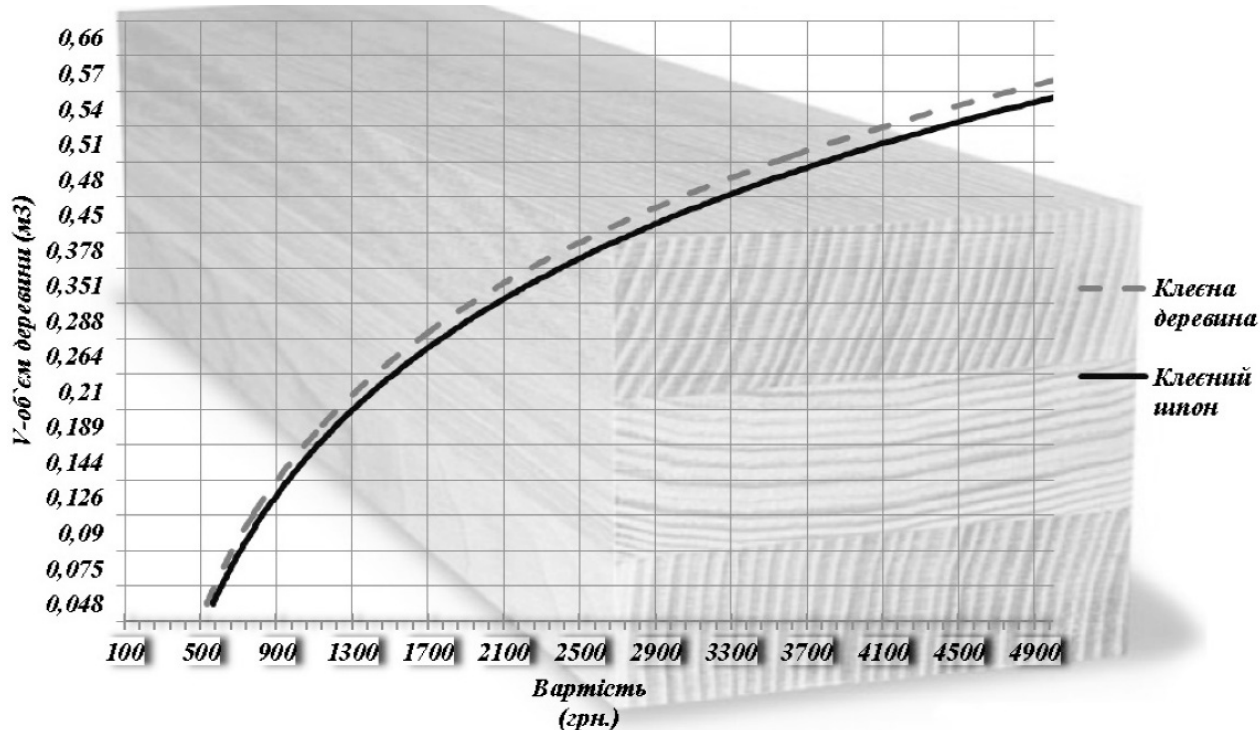


Рис. 4. Графік співвідношення ціни до об'єму

> Необмежена довжина (обмеження тільки технологічним обладнанням та габаритами транспортування), що дозволяє легко вирішувати проблеми, пов'язані з великорозмірними перекриттями у будівлях і спорудах.

Властивості LVL:

Міцність

За даними інспекційних випробувань, проведених ЦНДІБК ім. Кучеренко, міцність LVL у 3-3,4 рази вище, ніж у клеєного бруса або у звичайних пиломатеріалів. Такі високі показники забезпечені відсутністю дефектів у структурі матеріалу, викликаних природними вадами деревини.

Розміри

LVL сходить з конвеєра у вигляді плити шириною від 1,2 до 2,2 метри і розпилюється на потрібні замовнику розміри. Максимальна довжина LVL обмежується тільки розміром технологічного обладнання (преса) та обмеженнями, які можуть виникнути при транспортуванні. Товщина LVL може становити від 27 до 120 мм. В разі необхідності застосовується здвоєна, коробчаста або двотаврова балки. У порівнянні з обробленим лісоматеріалом або клеєним брусом, LVL має меншу товщину, але це не обмежує його застосування в несучих конструкціях. Більш того, LVL можна

використовувати там, де інші пиломатеріали просто не витримають умов експлуатації.

Однорідність

LVL є повністю однорідним матеріалом з незмінними якість по всій довжині. LVL володіє постійними фізико-механічними властивостями, які не залежать від сезонних факторів, якості вихідного матеріалу та інших чинників, що роблять істотний вплив на характеристики пиломатеріалів з цільної деревини.

Тріщини і сколи

Сировина для LVL висушується до заданого рівня вологості і далі не всихає. В ньому не виникає ні тріщин, ні сколів, у той час як звичайний пиломатеріал і клеєний брус може бути схильний до усадки у зв'язку з дефектами сушки.

Вогнестійкість

Для склеювання шпону при виготовленні LVL застосовується фенолформальдегідна смола, нейтральна до окислення і не сприяюча запаленню. Щільність і відсутність тріщин перешкоджає проникненню вогню і температури вглиб матеріалу. При температурі 300°C на поверхні, LVL зберігає свої властивості протягом 30-60 хвилин. При зазначеній температурі відбувається повільне обуг-

лювання балки зі швидкістю 0,6 мм/хв. по площинах і 1 мм/хв. по торцях.

Конструкції з LVL легко сполучаються з теплоізоляційними матеріалами, їх застосування виключає появі "містків холоду" (по пустотах і кріпильних елементах) і виникнення конденсату. Балки не вбирають вологу, а тому їх власна вага у вологому середовищі залишається незмінною, крім того, вони володіють підвищеною стійкістю до агресивних середовищ (аміак, пари солей тощо). При цьому LVL повністю зберігає зовнішню структуру дерева, дозволяючи не вдаватися до додаткової обробки при використанні таких конструкцій в інтер'єрі.

Висновки

Отже, підсумовуючи, балками з клеєного шпону — LVL можна перекривати досить великі прольоти, будувати просторі приміщення різноманітних будівель.

До мінусів LVL можна віднести ціну, яка на порядок перевищує ціну обрізних дощок чи дерев'яних двотаврових балок, а також обмеженість пропозицій на українському ринку. Також з LVL не можливо зробити криволінійні (гнуті) конструкції. Брус з клеєної деревини, здатний перекрити проліт довжиною 10 метрів, буде важити на 50% більше і обійдеться дорожче. Застосування металевих двотаврів ускладнюється їх вагою і високою вартістю, а також проблемою з'єднання металевих і дерев'яних конструкцій будинку.

Звичайно, застосування LVL при зведенні невеликого будинку економічно недоцільно. Але коли розміри будівлі виростають хоча б до 10х10 м, його застосування стає оптимальним рішенням. В такому випадку з'являється можливість створити великопрольотні перекриття і отримати просторі приміщення з вільним плануванням, мінімальною кількістю балок. З допомогою цільної деревини таке завдання виконати неможливо, так як такі балки будуть прогинатися і вібрувати. Підпокрівельний простір можна зробити максимально відкритим, створити простору мансарду. Переваги конструкцій з LVL як будівельного матеріалу очевидні, а його функціональні можливості настільки великі, що його заслужено зараховують до матеріалів майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калугин А. В. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 7 (ч.2). — С. 32-37.
2. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве // Карунас О.А., Чернова К.В., Елькина И.И. // *Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения. Сб. науч. трудов. Симферополь: НАПКС, 2012. Вып. 4. С. 320–324.*
3. ДБН В.2.6-161:2010 Конструкції будівель і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. — К.: Мінрегіонбуд, 2010. — 102 с.
4. ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010 "Єврокод 5. Проективання дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд" — К.: Мінрегіонбуд, 2010. — 244 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012. Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування. — К.: Мінрегіонбуд, 2013 — 120 с.
6. Найчук, А.Я. О некоторых причинах повреждения деревянных конструкций в процессе эксплуатации // *Уникальные спец. технологии. Деревянные клееные конструкции: перспективы развития рынка России с учетом мирового опыта / Центр новых строит. техн., материал. и оборуд.* — М.: 2005. — № 1 (2). — С. 71-73.
7. Калугин А.В. Деревянные конструкции // *Учебное пособие*. — М.: Издательство АСВ, 2003. — 224 с.

АННОТАЦИЯ

Выполнен сравнительный анализ балок из клееного шпона (LVL) и клееной древесины. Прослежено историю возникновения балок из LVL и перспективы их использования в строительстве. Определены преимущества и недостатки LVL-балок.

Ключевые слова: клееная древесина, клееный шпон, балки, строительство.

ANNOTATION

A comparative analysis of beams laminated veneer (LVL) and laminated wood is made. Traced the history of LVL beams and prospects of their use in construction. Advantages and disadvantages of LVL beams are defined.

Keywords: laminated wood, laminated veneer, beams, construction.

УДК 692.2:699.86

*А.М. Карюк, к.т.н., доцент;
О.Б. Кошлатий, доцент,
ПНТУ ім. Кондратюка, Полтава*

ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЗОВНІШНІХ СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ РІЗНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

АНОТАЦІЯ

Установлена залежність економічно доцільного опору теплопередачі зовнішніх стін цивільних будівель для різних регіонів України від кількості градусо-днів опалювального періоду та зроблено аналітичний опис результатів розрахунку.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, опір теплопередачі, ціна теплової енергії, приведені витрати.

Постановка проблеми. Питання енергоефективного будівництва, зокрема наукового обґрунтування оптимального або економічно доцільного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель є важливою складовою загальнодержавної політики у сфері енергозбереження і енергетичної незалежності. За базовим сценарієм, розробленим Міжнародним енергетичним агентством (МЕА), світовий попит на енергію до 2030 року зросте приблизно в два рази. З цього випливає, що існує необхідність подальшого удосконалення нормування теплової ізоляції будівель цивільного призначення для різних регіонів України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням проектування теплоізоляційної оболонки будівель, перспективам збільшення рівня теплозахисту огорожувальних конструкцій в Україні присвячені роботи Фаренюка Г.Г. [1,2], Сергейчука О.В., Дибя М.В. [3], Гетун Г.В. [4]. Однак в цих публікаціях не розглядається методика встановлення економічно доцільного опору теплопередачі зовнішніх огорожень для різних регіонів України.

Метою статті є установлення залежності економічно доцільного опору теплопередачі зовнішніх стін цивільних будівель для різних регіонів України від кількості градусо-днів опалювального періоду та при різній вартості теплової енергії.

Виклад основної частини. Забезпечення енергоефективності будівель є однією з найважливі-

ших проблем сучасного будівництва. Особлива гострота цієї проблеми в умовах дефіциту та зростання вартості енергоносіїв спонукає до поліпшення теплових характеристик огорожувальних конструкцій. Чинні норми проектування теплової ізоляції будівель [5] встановлюють мінімально допустимі значення опору теплопередачі стін цивільних будівель для першої температурної зони (більшість території України) $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ і для другої температурної зони (південні регіони України) $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Для будівель, що підлягають термомодернізації, ці вимоги знижуються на 20%, що складає $2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ і $2,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ відповідно. Наведені в [5] значення $R_{q \min}$ є дещо вищими порівняно з нормативами попередньої редакції ДБН [6].

Але є ще один аспект цієї проблеми: це встановлене нормами надто вже усереднене єдине значення нормованого опору теплопередачі $R_{q \min}$ для такого великого регіону як температурна зона. Є сенс диференціювати ці значення по областях (містах) країни.

У даній статті виконано поглиблений аналіз виявленої тенденції на базі кліматичних параметрів усієї території України. Як і в [9], розглядаються широковживані конструкції стін багатопверхових цивільних будівель [7, 8], які складаються з внутрішньої штукатурки вапняно-піщаним розчином товщиною 20 мм, цегляної кладки з пустотілої цегли на цементному розчині товщиною 510 мм, утеплювача з екструзійного пінополістиролу з середньою густиною $30 \text{ кг}/\text{м}^3$ і розрахунковим значенням коефіцієнта теплопровідності $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ та зовнішнього опоряджувального шару на основі цементно-піщаного розчину товщиною 10 мм. У подальших розрахунках, які виконані за методикою [9], коефіцієнти теплопровідності усіх матеріалів прийняті за ДБН [6]. Товщина пінополістирольного утеплювача, визначена за заданим значенням опору теплопередачі стіни $2 \leq R_0 \leq 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, змінювалася в межах від 30 мм до 160 мм.

Втрати тепла через 1 м^2 огорожувальної конструкції з відомим опором теплопередачі $R_0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ протягом опалювального періоду визначені через кількість градусо-днів $G_{оп}$ за даними [10] і стандарту [11] та наведені в [9]

$$Q = 0,0000206 G_{оп} / R_0, \quad (1)$$

Річні приведені витрати дорівнюють сумі річних поточних витрат (собівартості опалення) і ка-

пітальних вкладень, приведених до річного виміру за допомогою нормативу порівняльної ефективності:

$$\Pi = Q \times C_T + C_H/T_H + C_y/T_y \quad (2)$$

де C_T — ціна теплової енергії (вартість однієї гігакалорії тепла);

C_H і C_y — вартості несучої (цегляна кладка та внутрішня штукатурка) та утеплюючої (теплоізоляційний шар і зовнішнє опорядження) частин стіни;

T_H і T_y — встановлені терміни експлуатації несучої та утеплюючої частин стіни.

При обчисленні річних приведених витрат (2) враховано встановлений терміну експлуатації цивільних будівель $T_H=100$ років та строк служби ефективного утеплювача $T_y=25$ років згідно з вимогами норм [6]. Вартості одного квадратного метра несучої C_H та утеплюючої C_y частин стіни визначені за кошторисним розрахунком.

Розрахунки виконані для 27 міст України, перелічених в таблиці 1. Окрім обласних центрів, враховані дані міст Феодосія та Ялта, які відображають особливі кліматичні умови Південного берега Криму. 21 місто знаходиться в першій температурній зоні за картою районування [5], а 6 міст — у другій. Наведена в таблиці кількість градусо-днів опалювального періоду G_{op} встановлена за даними [10, 11]. З метою узагальнення результатів проаналізовано декілька варіантів усередненої по території України ціни теплової енергії:

* ціни, встановлені постановами уряду в 2014 році для міст України і опубліковані в [12] дають середнє значення 330 грн/Гкал;

* єдина ціна на теплову енергію 540 грн/Гкал, встановлена;

* єдина ціна на теплову енергію 650 грн/Гкал, встановлена [13];

* гіпотетична перспективна ціна в розмірі 800 грн/Гкал.

* гіпотетична перспективна ціна в розмірі 1000 грн/Гкал.

З урахуванням вказаних значень вартості теплової енергії за методикою [9] та критерієм мінімуму приведених витрат встановлені економічно доцільні (для кліматичних умов кожного з 27 міст України), результати розрахунків які наведені на рисунку 1 та в таблиці 1 у вигляді залежностей оптимальних значень опору теплопередачі від вартості теплової енергії.

З рисунка видно, що оптимальні значення опору теплопередачі R_0 зростають при збільшенні вартості тепла C_T . Розкид отриманих кривих обумовлюється відмінностями кліматичних умов міст України, які узагальнено відображаються кількістю градусо-днів опалювального періоду.

При цінах 2014 року оптимальні значення опору теплопередачі R_0 для першої температурної зони змінюються в межах від $2,6 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ до $3,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, а для другої — в межах від $2,1 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ до $2,7 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$. Ці значення близькі до

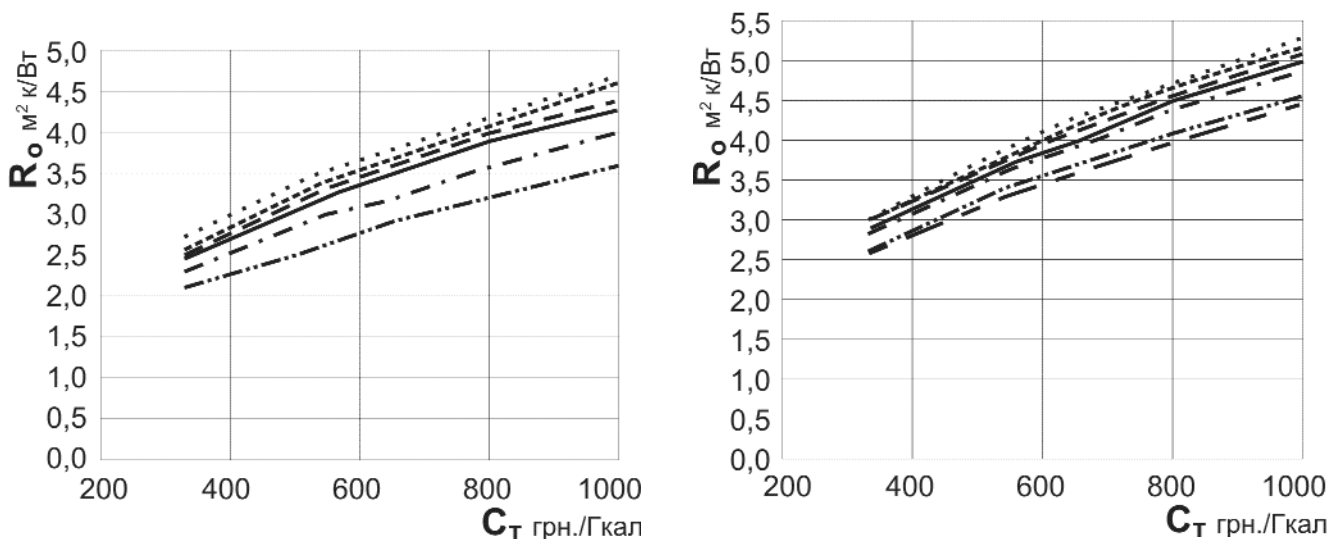


Рис. 1. Оптимальні значення опору теплопередачі стін в різних містах України при зростанні цін на теплову енергію: а — температурна зона I; б — температурна зона II

Табл. 1. Економічно доцільні значення опору теплопередачі стін цивільних будівель на території України

№п/п	Міста України	Gop, град-діб	Оптимальний опір теплопередачі R0, м2·K/Вт при ціні тепла СТ, грн/Гкал				
			330	540	650	800	1000
Температурна зона II							
1	Запоріжжя	3220,4	2,7	3,5	3,8	4,2	4,7
2	Миколаїв	3042,9	2,6	3,4	3,7	4,1	4,6
3	Одеса	2844	2,6	3,3	3,6	4,0	4,4
4	Сімферополь	2679,6	2,5	3,2	3,5	3,9	4,3
5	Феодосія	2328,8	2,3	3,0	3,2	3,6	4,0
6	Ялта	1852,2	2,1	2,6	2,9	3,2	3,6
Температурна зона I							
7	Вінниця	3676,4	2,9	3,7	4,1	4,5	5,1
8	Луцьк	3546	2,9	3,7	4,0	4,4	5,0
9	Луганськ	3508,8	2,8	3,6	4,0	4,4	4,9
10	Дніпропетровськ	3474,4	2,8	3,6	4,0	4,4	4,9
11	Донецьк	3608	2,9	3,7	4,0	4,5	5,0
12	Житомир	3716,8	2,9	3,7	4,1	4,5	5,1
13	Ужгород	2864,4	2,6	3,3	3,6	4,0	4,5
14	Івано-Франківськ	3508,4	2,8	3,6	4,0	4,4	4,9
15	Київ	3537,6	2,9	3,6	4,0	4,4	5,0
16	Кіровоград	3552,5	2,9	3,7	4,0	4,4	5,0
17	Львів	3508,4	2,8	3,6	4,0	4,4	4,9
18	Полтава	3702,4	2,9	3,7	4,1	4,5	5,1
19	Рівне	3621,8	2,9	3,7	4,0	4,5	5,0
20	Суми	4001,8	3,0	3,9	4,3	4,7	5,3
21	Тернопіль	3716,8	2,9	3,7	4,1	4,5	5,1
22	Харків	3759	2,9	3,8	4,1	4,6	5,1
23	Херсон	3048,1	2,6	3,4	3,7	4,1	4,6
24	Хмельницький	3678,3	2,9	3,7	4,1	4,5	5,1
25	Черкаси	3613,4	2,9	3,7	4,0	4,5	5,0
26	Чернігів	3908,3	3,0	3,8	4,2	4,7	5,2
27	Чернівці	3412,5	2,8	3,6	3,9	4,4	4,9

нормативних вимог [6], які діяли до середини 2013 року.

Введення нової ціни на теплову енергію, рівної 650 грн/Гкал, підвищує оптимальні значення опору теплопередачі до $R_0 = 3,6 - 4,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для першої температурної зони та до $R_0 = 2,9 - 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для другої. Це дещо перевищує сучасні вимоги до мінімально необхідного опору теплопередачі стін житлових і громадських будівель, встановлені змінами до ДБН [5].

Подальше підвищення ціни на теплову енергію призводить до зростання оптимального опору теплопередачі, який при досить високих цінах на тепло

може перевищити $R_0 = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. При умові зростання цін на будівельні матеріали збільшення оптимального опору теплопередачі повинно бути дещо меншим, ніж прогнозоване виконаними розрахунками, але необхідність підвищення вимог до огорожувальних конструкцій залишається очевидною.

З порівняння двох діаграм рисунка 1 видно, що оптимальний опір теплопередачі стін у містах з першої температурної зони помітно більший, ніж для міст другої кліматичної зони. Це дозволило виявити залежності оптимального опору теплопередачі від кількості градусо-діб опалювального періоду, які зображені на рисунку 2.

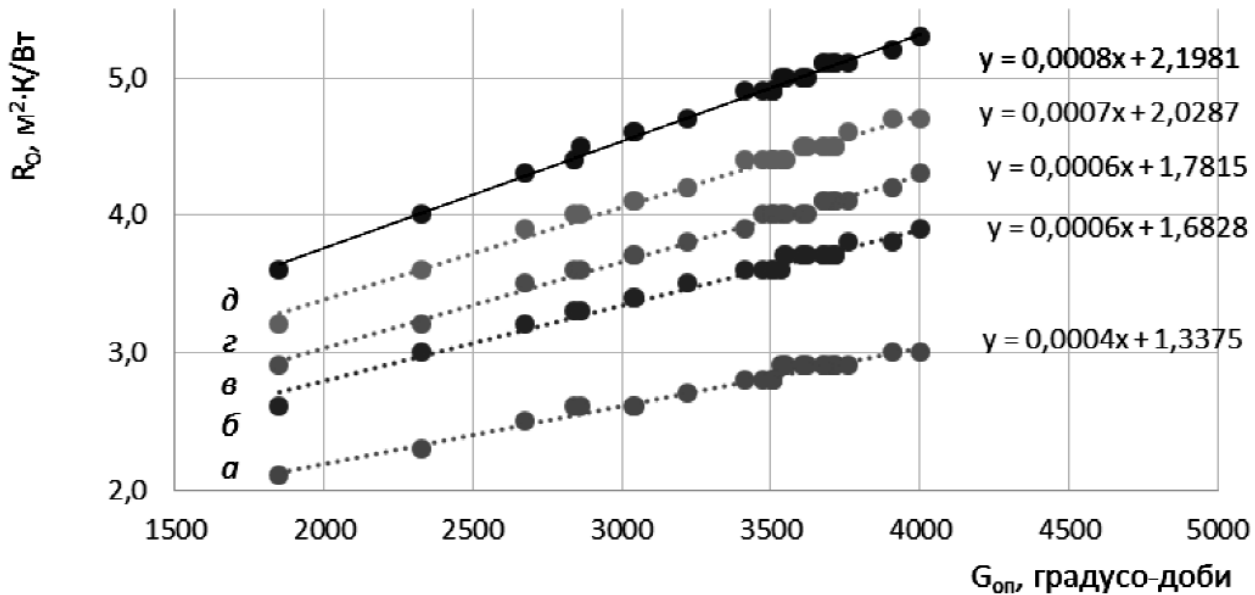


Рис. 2. Залежності оптимальних значень опору теплопередачі стін від кількості градусо-днів опалювального періоду при різних вартостях теплової енергії C_T , грн/Гкал: а – 330, б – 540, в – 650, з – 800, д – 1000

З рисунка 2 видно, що оптимальні значення опору теплопередачі лінійно зростають при збільшенні кількості градусо-днів опалювального періоду. Їх можна обчислювати за апроксимуючими залежностями, формули яких наведені на рисунку для ряду розглянутих значень вартості теплової енергії. Лінійний характер залежностей оптимального опору теплопередачі від ціни теплової енергії C_T та кількості градусо-днів опалювального періоду $G_{оп}$ дозволив отримати загальний вираз у вигляді

$$R_0 = 0,003 \times C_T + 0,00056 \times G_{оп}, \quad (3)$$

параметри якого обчислені методом найменших квадратів.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Виконані розрахунки є лише окремим випадком, який базується на прийнятій конструкції стіни та поточному і прогнозованому рівні цін на будівельні матеріали обраних видів і марок. Очевидно, що зміна цих параметрів призведе до отримання дещо інших числових результатів. Разом з тим, розглянутий модельний приклад вказує на явно виражену тенденцію до подальшого підвищення мінімально необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій цивільних будівель в умовах зростання вартості енергоносіїв. Виявлена залежність економічно доцільного опору теплопередачі від кількості градусо-днів опалювального періоду та аналітичний опис результатів розрахун-

ку вказують на можливість удосконалення підходів до нормування необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій на основі урахування вартості теплової енергії та кліматичних характеристик району розміщення будівельного об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. — К.: Гама-Принт, 2009. 216 с.
2. Фаренюк Г.Г. Теплові аспекти надійності огорожувальних конструкцій / Г. Г. Фаренюк // Будівництво України. — 2009. — №8. — С. 28-30
3. Сергейчук О.В. О перспективе дальнейшего увеличения теплоизоляции наружных ограждающих конструкций в Украине / О. В. Сергейчук, М. З. Диб // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі. — 2013. — Вып. 4. — С. 253-258.
4. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зміна № 1.- К., 2013. — 11 с.
5. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. — К., 2006. — 66 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. — К., 2009. — 35 с.

7. Тришарові стіни з теплоізоляцією. Зовнішні стіни [Електронний ресурс] Режим доступу: http://bud.com.ua/ua/produkcija/izoljacija_tehnonikol/zovnishni_stini1.html

8. Карюк А.М. Методика визначення необхідного опору теплопередачі стін з урахуванням вартості енергоносіїв /А.М. Карюк// Сборник научных трудов SWorld. — Вип.№2 (39). Том 19. — Івано-Франківськ "Научный мир" 2015. — С.22-26.

9. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк // — Одеса, 2012. — 180 с.

10. ДСТУ-НБ В.1.1 — 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. — К., 2010. — 101 с.

11. Газета органів центральної влади Урядовий кур'єр. Випуски № 65, 75, 72 від 9, 18, 24 квітня 2014 року.

12. Постанова НКРЕКП від 31.03.2015 № 1171 "Про встановлення тарифів на послуги з централізованого опалення та послуги з централізованого постачання гарячої води, що надаються населенню суб'єктами господарювання, які є виконавцями цих послуг".

АННОТАЦИЯ

Установлена зависимость экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружных стен гражданских зданий для различных регионов Украины от количества градусо-суток отопительного периода и сделано аналитическое описание результатов расчета

Ключевые слова: ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче, цена тепловой энергии, приведенные затраты

ANNOTATION

The dependence of economically viable heat resistance of exterior walls of civil buildings for different regions of Ukraine on the number of degree-days during the heating period was determined; and the analytical description of calculation results was made

Key words: walling constructions, thermal resistance, thermal energy price, discounted costs.

УДК 691.54:514.18

К. К. Мирошниченко, д. т. н., проф.
ПГАСиА, Днепропетровск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПОДЛИВКИ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

АННОТАЦИЯ

Совершенствование технологии устройства подливки под оборудование из фибробетонных смесей. В статье приведены технологические схемы устройства подливки под конструкции и технологическое оборудование из безусадочного фибробетона.

Разработанная технология приготовления позволяет повысить производительность процесса и качество устройства смеси для подливки.

Ключевые слова: подливка, оборудование, смеситель, технология приготовления, фибробетон.

Постановка проблемы. Установка технологического оборудования на фундамент, особенно дорогостоящего импортного, является важной и ответственной задачей. Для обеспечения полной передачи всех статических и динамических нагрузок от работы оборудования на фундаменты необходимо его правильно выставить и надежно закрепить. Важным этапом успешного выполнения работы по монтажу оборудования, является заливка бетонной безусадочной смеси (подливки) в зазор между станиной оборудования и фундаментом. Подливка же представляет собой состав, который играет роль клина и передает фундаменту всю совокупность нагрузок от станины.

Предлагаемые зарубежными фирмами составы для подливки под высоко технологичное оборудование и технология ее заливки стоят очень дорого. Проведенные нами по заказу УКРГИПРОМЕЗА исследования, позволили разработать специальные безусадочные высокоподвижные смеси из фибробетона с высокими свойствами взамен импортных составов, но специального оборудования для устройства подливки из такого сложного (с технологической точки зрения) материала нет. Кроме того, для устройства подливки под различное технологическое оборудование и конструкции необходимы различные варианты технологии (технологические схемы) ее устройства.

Анализ публикаций. Разработанные ранее отечественные составы для подливки под оборудование [1] не отвечают возросшим требованиям по прочности, безусадочности и маслостойкости.

Зарубежные фирмы предлагают сухие смеси для подливки: "Эмако", "Пагель

[2; 3] и др. Но стоимость таких подливочных составов очень высокая (27-37 грн. за кг), да и их некоторые характеристики не удовлетворяют возросшие требования наших производителей (прочность на сжатие должна быть не менее 60 МПа). Анализ же технологических схем устройства подливки [1-3, 5-7] из раствора или мелкозернистого бетона показал, что используемые технические решения не подходят для устройства подливки из фибробетона.

Цель исследований: разработка технологии получения высококачественных фибробетонных составов и изготовления из них различных конструктивных элементов.

Основной материал. Проведенные нами многочисленные исследования [4] позволили разработать и внедрить на производстве ряд технических решений и изобретений, взамен дорогостоящих импортных. Это позволило создать конкурентоспособные технологические схемы приготовления разработанных составов и устройства подливки под оборудование и конструкции из высокоподвижных фиброармированных смесей. В результате

были сэкономлены значительные валютные средства на покупку импортных составов и технологий.

Для приготовления подливочной смеси мы предлагаем использовать несколько технологических схем с использованием различных смесительных агрегатов и специальных устройств, обеспечивающих распушку и равномерное распределение фибр по всему объему бетона.

На рисунке 1 показана схема устройства подливки. Укладку смеси необходимо производить только с одной стороны, обеспечивая, таким образом, выход воздуха.

Временной интервал между приготовлением смеси и её укладкой не должен превышать 15-30 минут в зависимости от температуры. Монтаж оборудования можно будет произвести на следующие сутки, после подливки.

Ниже приведены некоторые наши предложения по технологии укладки подливочной массы. Для устройства подливки нами были исследованы мелкозернистые бетоны на основе различных вяжущих, дисперсно-армированные различной дисперсной арматурой. Для приготовления подливочной смеси мы предлагаем использовать несколько технологических схем с применением разработанных нами различных смесительных агрегатов с лопастями сложной геометрической формы и специальных устройств, обеспечивающих подачу фибр в смесители.

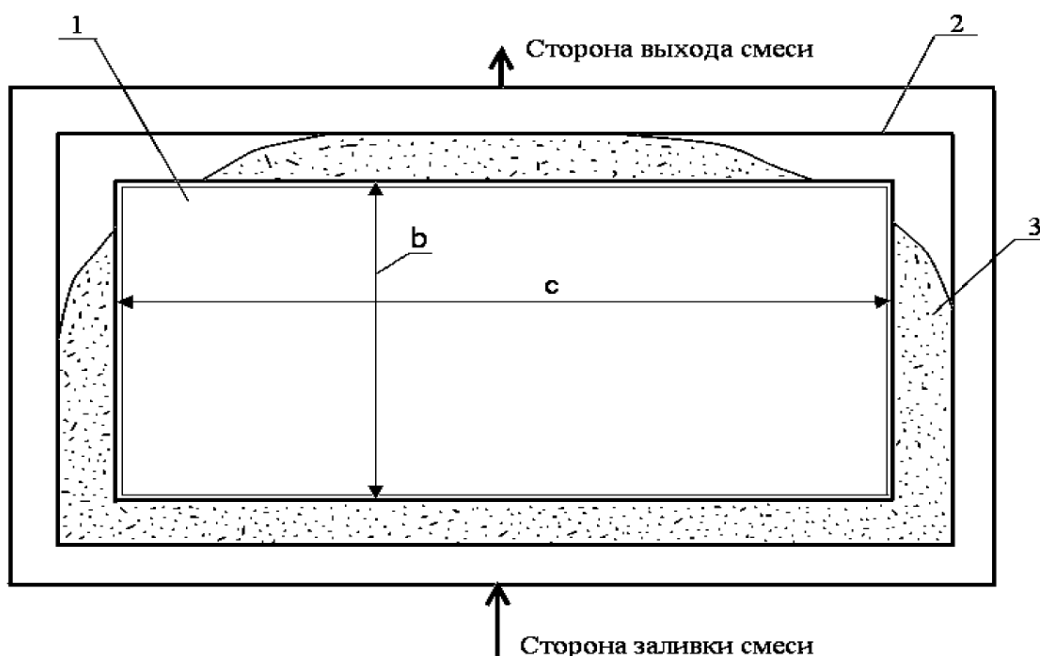


Рис. 1. Схема устройства подливки под оборудование: 1 — оборудование; 2 — опалубка; 3 — смесь

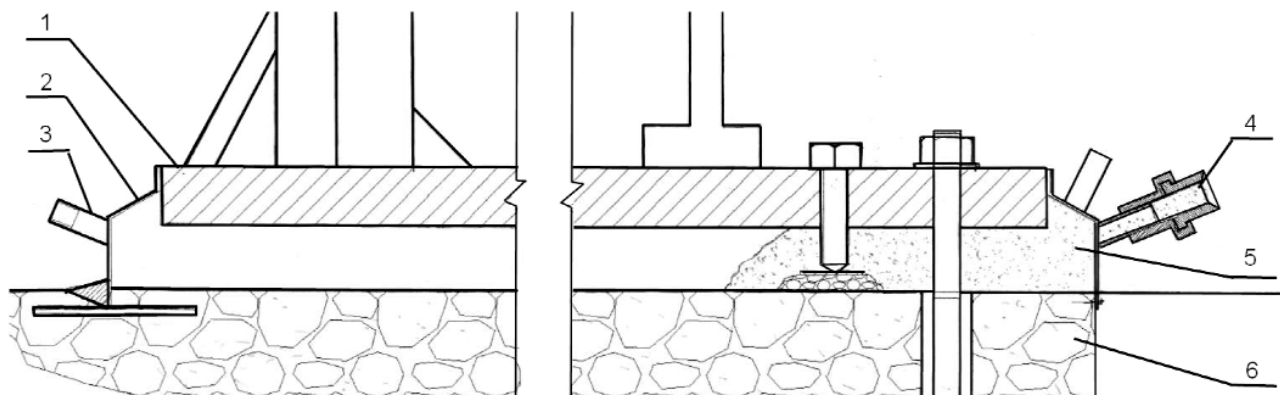


Рис. 2. Один из вариантов устройства подливки под оборудование по трубопроводу с герметичной опалубкой: 1 — станина оборудования; 2 — герметичная опалубка; 3 — вентиляционный канал; 4 — трубопровод для подачи (нагнетания) подливки; 5 — смесь; 6 — фундамент

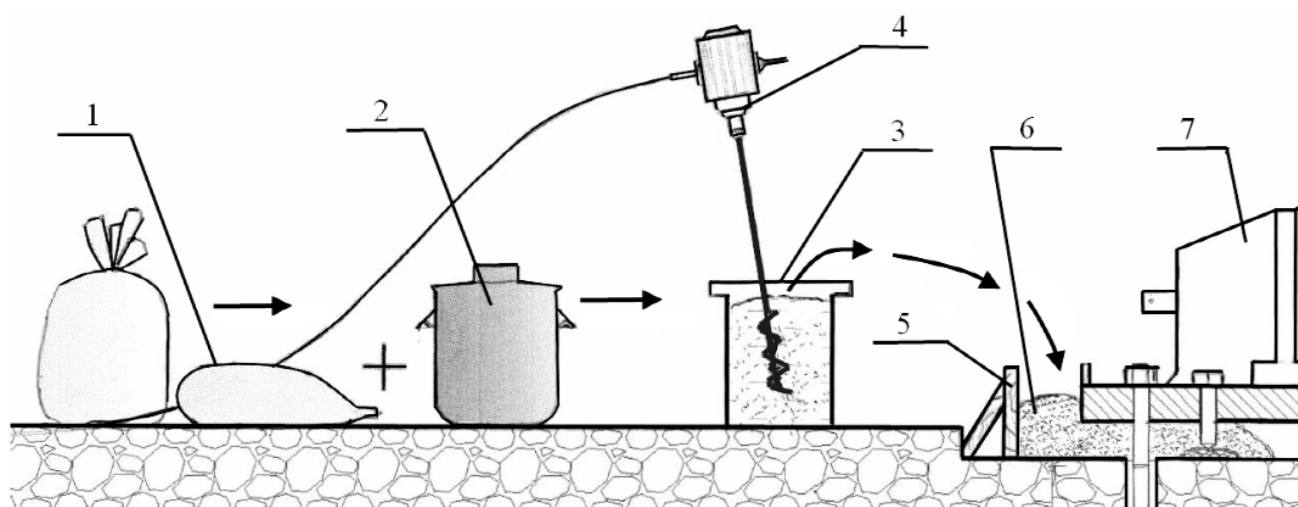


Рис. 3. Один из вариантов технологической схемы устройства подливки: 1 — сухая подливочная смесь из фибробетона; 2 — емкость с водой; 3 — емкость для приготовления смеси; 4 — электроинструмент с лопастью-насадкой сложной геометрической формы; 5 — опалубка; 6 — смесь; 7 — оборудование

Рисунок 2 демонстрирует один из вариантов устройства подливки под оборудование по трубопроводу с герметичной опалубкой. Этот вариант дорогостоящий, однако, в некоторых случаях эти затраты оправданы. К подливочной массе под оборудование с такой опалубкой предъявляются высокие требования по прочности, плотности (маслопроницаемости) и деформативности.

На рисунке 3 предлагается вариант устройства подливки, однородная смесь для которой заранее приготовлена в специальном смесителе для фибробетона и расфасована в мешки.

На месте устройства подливки с помощью миксера со специальной лопастью-насадкой сложной формы происходит смешивание сухой подливочной массы с водой и добавками.

Таким образом, на строительной площадке можно получить однородную фибробетонную смесь хорошего качества. Комкование дисперсной арматуры в этом случае практически исключено.

На рисунке 4 предложены варианты заливки подливки под оборудование, при расположении нижнего уровня станины ниже уровня пола. В таком случае, надо вокруг оборудования устраивать пол (фундамент) с наклонными стенками для лучшего сцепления подливки и фундамента. Мы предлагаем различные варианты укрывания или заливки выступающей части подливки (на рисунке всего три):

— схема устройства подливки под оборудование с последующей заливкой водой выступающей за пределы оборудования смеси (а);

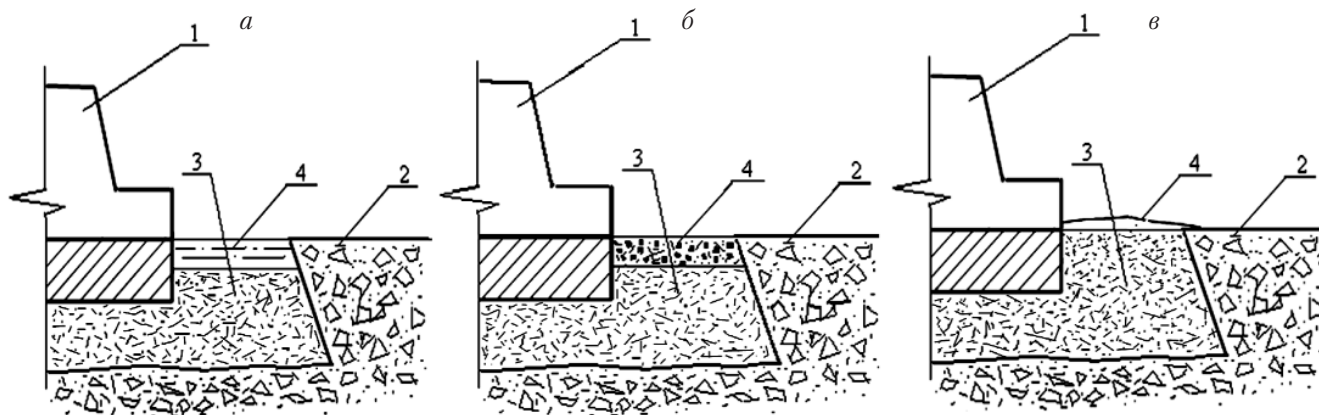


Рис. 4. Варианты укрывания или заливки выступающей части подливочной массы:

1 — оборудование; 2 — фундамент; 3 — смесь для подливки; 4 — вода

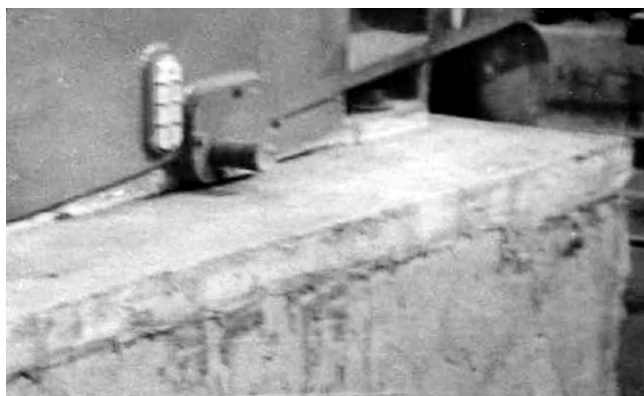


Рис. 5. Подливка под оборудование с высоким фундаментом

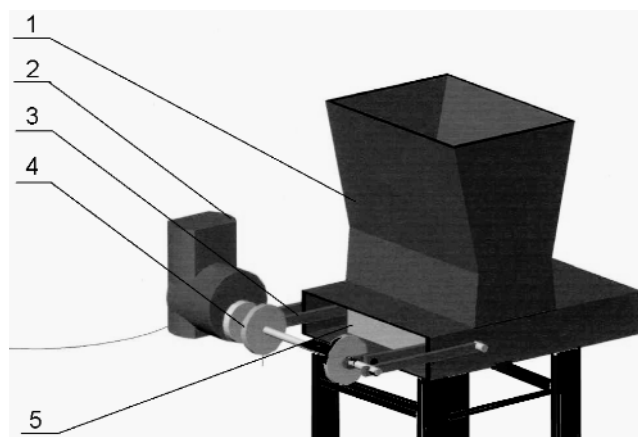


Рис. 6. Специальная установка для устройства подливки под оборудование с высоким фундаментом :

1 — бункер; 2 — привод; 3 — толкатель; 4 — поворотный диск; 5 — толкатель

— схема устройства подливки с последующей заливкой раствором выступающей за пределы оборудования подливочной массы (б);

— схема устройства подливки с последующим укрыванием увлажненной мешковиной выступающей за пределы оборудования смеси (в).

На рисунке 5 приведен пример подливаемого оборудования с высоким (около 1 м) фундаментом. Устройство подливки под такое оборудование устраивать намного сложнее, чем под обычные агрегаты.

В данном случае анкерные болты, на которые устанавливают оборудование, выступают прямо из фундамента, уровень которого, расположен в непосредственной близости от уровня пола.

На рисунке 6 изображена специальная установка для устройства подливки под оборудование с высоким фундаментом.

Подливка под оборудование подобного типа

устраивается таким образом. В бункер 1 загружается подливочная смесь. С помощью привода 2 поворотный диск 4 приводит в действие толкатель 5 с помощью штанг 3. Толкатель 5 перемещает подливочную смесь в зазор между оборудованием и фундаментом.

При движении по лотку пластина-толкатель перемещает смесь в сторону оборудования и одновременно перекрывает доступ смеси из бункера в лоток. Поворотный диск имеет возможность поворачиваться только на треть и обратно, осуществляя тем самым перемещение штанг и толкателя.

На рисунке 7 показан фрагмент подливки под конструкцию с деревянной опалубкой.

В таблице 1 приведен материал по изменению производительности и трудоемкости процесса в зависимости от технологии приготовления фибробетона для подливки и времени смешивания его компонентов.

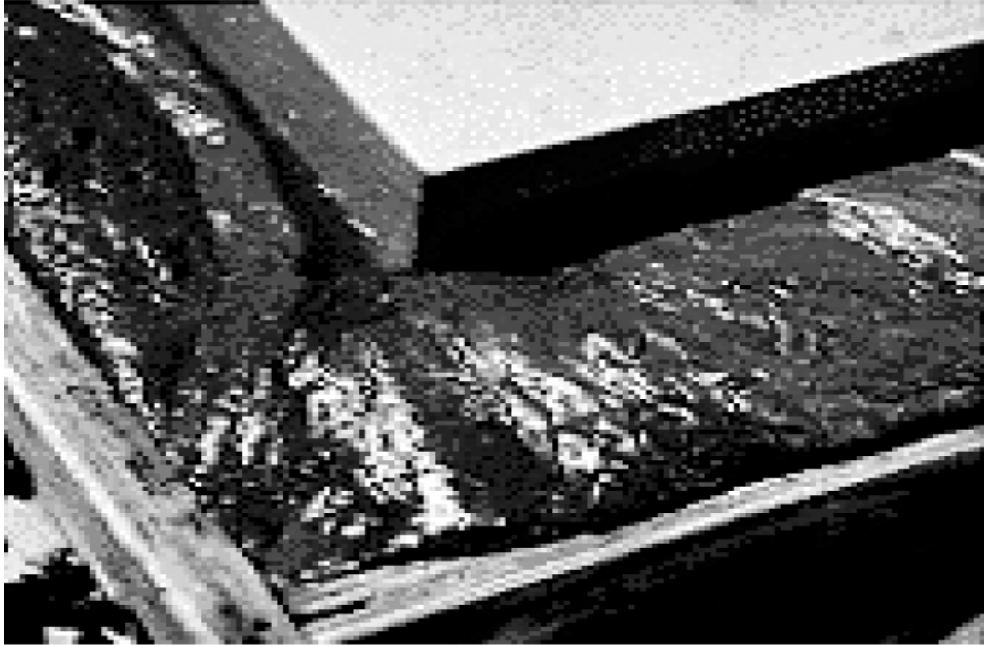


Рис. 7. Фрагмент подливки под конструкцию

Предлагаемые нами технологические приемы приготовления гарантируют получение высокоподвижных смесей хорошего качества. Однако как показала наша практика, многое зависит от добросовестности персонала и качества материалов, а также от технологической схемы устройства подливки и контроля за соблюдением технологического регламента производства работ.

Выводы. Таким образом, предлагаемые выше технологические схемы устройства подливки из фибробетона позволяют повысить производительность процесса.

Основные результаты проведенных нами исследований (составы фибробетонных смесей, тех-

нология приготовления и устройства конструктивных элементов из фибробетона) использованы при проектировании и строительстве трубных цехов ГП "УКРГИПРОМЕЗ".

Экономия финансовых ресурсов за счет снижения сметной стоимости технологии производства 1 м³ подливки вместо смесей МАКФЛОУ составляет от 22 до 34 тыс. грн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по установке технологического оборудования на фундаментах. — М.: ЦБНТИ, 1976. — С. 20 — 31.
2. Устройство подливки под технологическое

Табл. 1. Показатели производительности и трудоемкости процесса в зависимости от технологии приготовления смеси для подливки и времени смешивания

Технология приготовления фибробетонной смеси для подливки	Марка смесителя	Объем готового замеса, л.	Время смешивания, сек.	Производительность, л/мин.	Трудоемкость замеса, маш.-ч/ чел.-ч.
В смесителе с гибким корпусом с желобом	ССВ-0,01	10	35	17,24	0,2/0,037
В гравитационном смесителе с доп. ротором	СБ-101	65	120 (140)	21,7	0,062/0,02
В смесителе с гибким корпусом	ССВ-0,01	10	40	15,2	0,23/0,04
В смесителе с устройством для подачи фибр №2	С0-46 СБ 46Б	65	185	17,57	0,07/0,01
В турбулентном смесителе с лопастями сложной формы	СБ 133	65	45	86,7	0,03/0,015
В смесителе принудительного действия	С0-46 СБ 46Б	65	210	15,48	0,067/ 0,012
С миксером-насадкой		65	220	17,76	0,063/ 0,063

оборудование / Проспект фирмы "Эмбеко". - Париж. — 1978. — 38 с.

3. Устройство полов и подливки под оборудование // "Тэо Хим Нева". Режим доступа: <http://www.teohimneva.ru/technologies3.php>.

4. Мирошниченко К. К. Шляхи приготування високоякісних будівельних сумішей / Мирошниченко К. К., Приходько А. П. // Вісник Придніпр. держ. акад. буд. та архітектури. — Д. — №1. — 2004. — С. 56 — 59.

5. Королев К. М. Эффективность приготовления бетонных смесей / К. М. Королев // Механизация строительства. — 2003. — № 6. — С. 7 — 8.

6. Matias D., Britode J., Rosa A., Pedro D. Mechanical properties of concrete produced with recycled aggregate — influence of the use of superplasticizers / D. Matias, J. de Brito, A. Rosa, D. Pedro // Construction and building materials. — 2013. — Vol. 44. — P. 101 — 109.

7. Nagrockiene D., Pundiene I., Kicaite A. The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties / D. Nagrockiene, I. Pundiene, A. Kicaite // Construction and building materials. — 2013. — Vol. 45. — P. 324 — 331.

АНОТАЦІЯ

Удосконалення технології улаштування підливки під обладнання з фібробетонних сумішей. В статті наведені технологічні схеми улаштування підливки під конструкції і технологічне устаткування з фібробетону, який не дає усадки.

Розроблена технологія приготування дозволяє підвищити продуктивність процесу та якість улаштування суміші для підливки.

Ключові слова: підливка, обладнання, змішувач, технологія приготування, фібробетон.

ANNOTATION

Improvement of technology of device of sauce under equipment from concretes by fibrous mixtures.

In the article the technological charts of device of inundate a concrete under constructions and technological equipment from concretes by fibrous are resulted.

The developed technology allows to increase productivity of a process and quality of arrangement of mixture for a sauce.

Keywords: sauce, equipment, mixer, technology of preparation, concretes by fibrous.

УДК 624.012

Д.В Михайловський, к.т.н., доцент;

Д.Н. Матющенко, аспірант;

А.О. Смоленський, студент, КНУБіА, Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄМНИХ ФІЗИЧНО-НЕЛІНІЙНИХ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТУ

АНОТАЦІЯ

Представлені результати чисельного аналізу пальового фундаменту каркасно-монолітного 24-поверхового житлового будинку в програмному комплексі ЛІРА-САПР з різними варіантами моделювання ґрунту основ.

Ключові слова: ґрунт, каркасно-монолітна будівля, палі, програмний комплекс.

Постановка проблеми. Зменшення витрат на будівництво без втрати надійності та якості, удосконалення чисельних методів проектування і поступовий перехід на європейські норми є досить актуальними питаннями в умовах сучасного українського будівництва. Для їх вирішення проєктувальники все частіше починають використовувати сучасні програмні комплекси, що дають змогу визначити дійсний напружено-деформований стан системи "основа — фундаменти — надземні конструкції", врахувати різні типи нелінійності та спрогнозувати поведінку окремих конструкцій чи всієї будівлі на стадіях будівництва та експлуатації.

В практиці проєктування на стадії створення розрахункової моделі досить поширене використання ґрунтової основи в якості абсолютно пружного матеріалу, тобто з роботи виключаються пластичні деформації. Це припущення значною мірою впливає на отримання достовірних результатів за рахунок відсутності необхідного врахування нелінійності та неоднорідності ґрунту і дає помітну похибку на кінцевий результат.

В загальному випадку ґрунт є нелінійно-деформованим тілом, в якому залежність між прикладеним навантаженням та деформаціями є криволінійною, тому стан такого матеріалу повинен визначатись в складних пружно-пластичних моделях, які враховують поетапність прикладання навантажень і появи напружень у матеріалі та посту-

пове його розвантаження. Врахування такої природи ґрунтової основи можливе лише при нелінійних розрахунках, а стрімкий розвиток програмних комплексів сприяє їх прискоренню та спрощенню.

Типи нелінійності:

— фізична нелінійність — залежність між напруженнями і деформаціями не є лінійною, тобто не відповідає закону Гука;

— геометрична нелінійність — залежність між переміщеннями і деформаціями є нелінійною, що дозволяє оцінити вплив зміни форми конструкції на її напружений стан;

— конструктивна нелінійність — враховується зміна розрахункової схеми конструкції в умовах її деформування;

— генетична нелінійність — пов'язана з накопиченням напружень та деформацій в конструкції в процесі її створення. Також може розглядатись в складі конструктивної нелінійності.

При моделюванні системи "основа — фундаменти — надземні конструкції" простежуються всі типи нелінійності. Це може бути нелінійність по-

ведінки залізобетонних несучих конструкцій або ґрунту основи під великими навантаженнями, вплив послідовності зведення або суміжних секцій на напружено — деформований стан будівлі. Для виконання нелінійного розрахунку в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2013 передбачено використання об'ємних фізично нелінійних скінченних елементів, які здатні відтворити роботу ґрунтового масиву під навантаженням.

Формулювання мети статті. Розробка алгоритму розрахунку будівель на пальових фундаментах з використанням об'ємних скінченних елементів ґрунту.

Основна частина. В якості об'єкту дослідження було обрано 24-поверховий каркасно-монолітний будинок з наступною конструктивною схемою — повний залізобетонний несучий каркас з пальовими фундаментами з буроін'єкційних паль діаметром 82 см, об'єднаних суцільним фундаментним ростверком товщиною 1,4 м, вертикальними несучими елементами (пілони та стіни, ядро жорсткості в межах сходово-ліфтового блоку). Горизонтальну жорсткість забезпечують плити перекриття товщиною 0,2 м. Розміри будівлі в осях 16,8х27,05 м. Довжина паль — 30 м, визначена за інженерно-геологічними вишукуваннями та результатами статичних випробувань.

З метою дослідження напружено-деформованого стану "основа — фундамент" було виконано чисельний розрахунок методом скінченних елементів (МСЕ) з використанням лінійно пружних в'язей (тип 1), об'ємних лінійних елементів ґрунту (тип 2) та об'ємних фізично нелінійних елементів ґрунту (тип 3) в програмному комплексі ЛІРА-САПР.

Для розрахунку з використанням пружних в'язей (тип 1) палі були виконані двовузловими скінченними елементами (далі — СЕ) №10 довжиною, що відповідає потужності кожного шару ґрунту. Жорсткість стержнів призначена як для кільця з зовнішнім діаметром $D = 82$ см, внутрішнім $d = 0$ см, питомою вагою $R_0 = 25$ кН/м³, модулем пружності $E = 3 \cdot 10^7$ кН/м². Для моделювання тертя ґрунту при роботі палі по бічній поверхні, в місцях перетину ґрунтового масиву зі скінченними елементами паль встановлено одновузловий СЕ пружної в'язі — №56 [1]. Зусилля R_x та R_y визначені за формулою (1) згідно п.Н.8 нормативного документу [2]:

$$C_i = K \cdot z / \gamma_c \quad (1)$$

де, K — коефіцієнт пропорційності, кН/м⁴, що приймають в залежності від виду ґрунту, що ото-

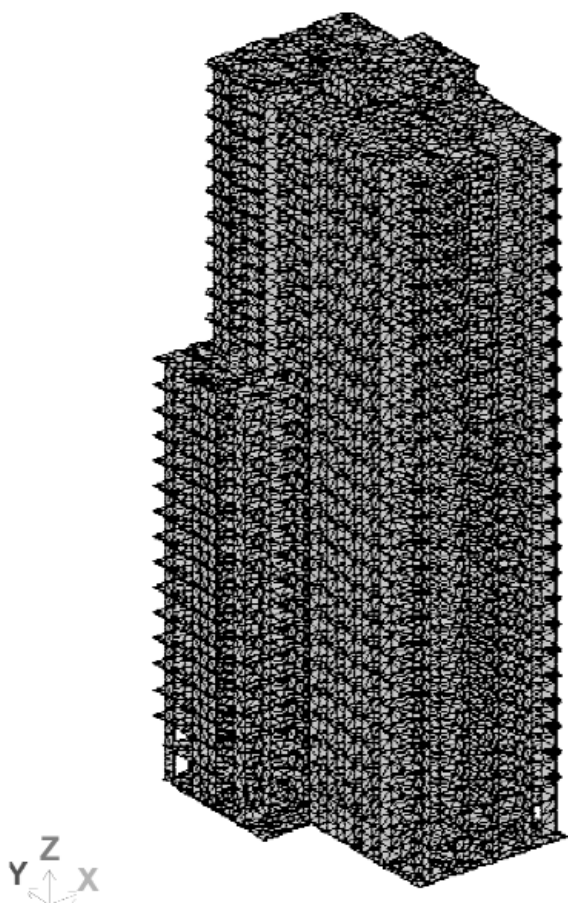


Рис.1. Скінченно-елементна модель будівлі

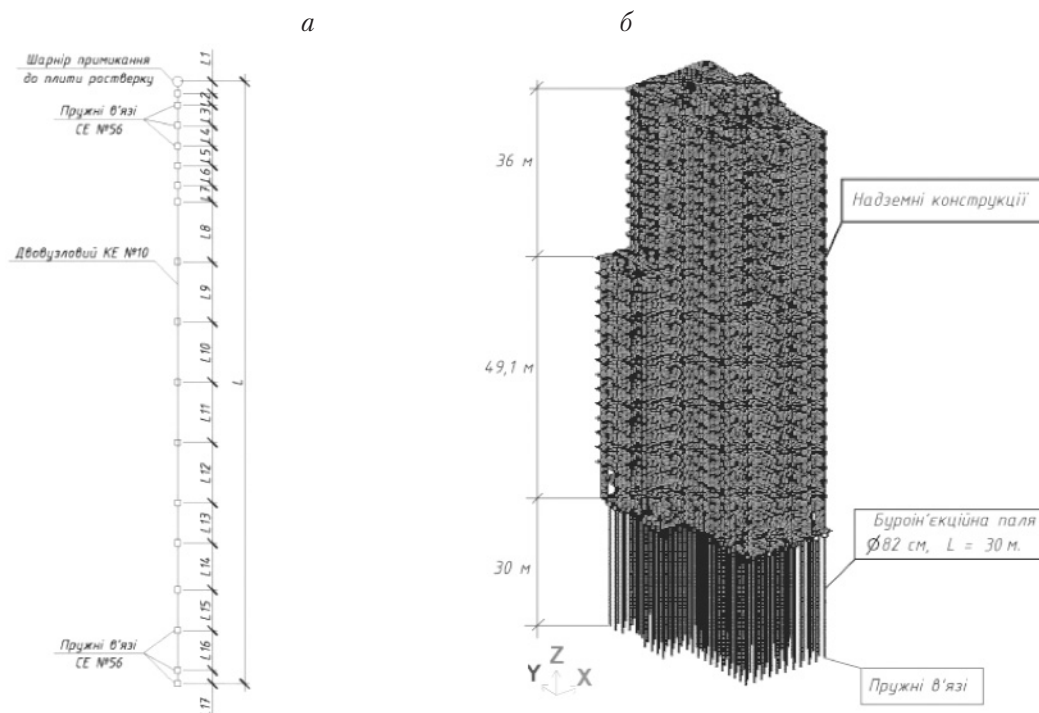


Рис. 2. Скінченно-елементна модель для лінійного розрахунку з використанням пружних в'язей (тип 1)
а – модель палі; б – модель всієї будівелі

чує палю; z — глибина розташування перерізу палі в ґрунті, м, для якої визначається коефіцієнт жорсткості; γ_c — коефіцієнт умов роботи, прийнято $\gamma_c = 3$ — при роботі навколо пальового ґрунту як пружного лінійно-деформованого середовища, що характеризується коефіцієнтом жорсткості C_z .

Зусилля R_z були задані за допомогою програмного комплексу "Еспри 2.1" як погонна жорсткість палі з врахуванням фактичних інженерно-геологічних умов.

Верхній кінець палі має шарнірне сполучення з плитою. Нижній заходить в несучий шар на 1 м.

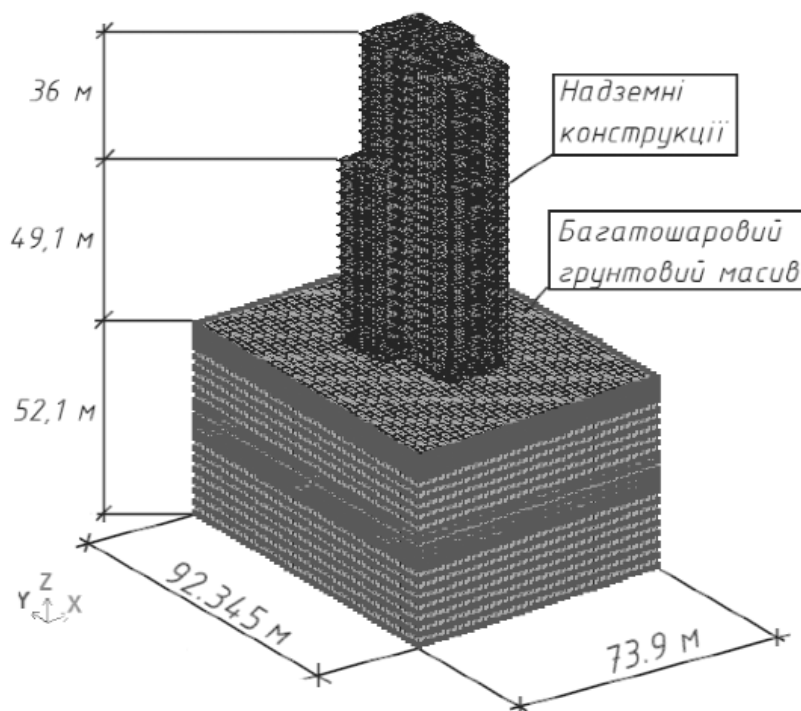


Рис. 3. Скінченно-елементна модель для лінійного (тип 2) і нелінійного розрахунку з використанням об'ємних СЕ ґрунту (тип3)

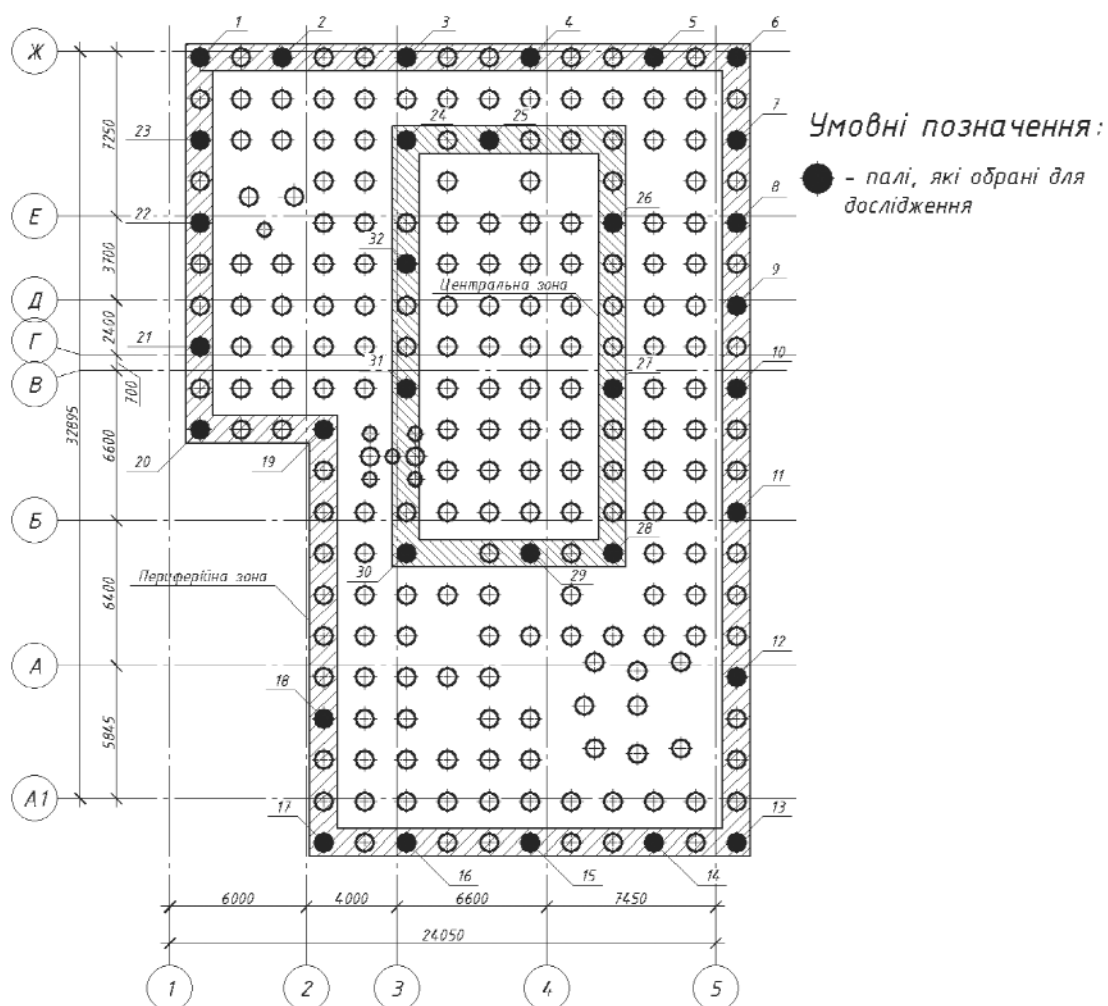


Рис. 4. Схема розміщення палей з зонами дослідження

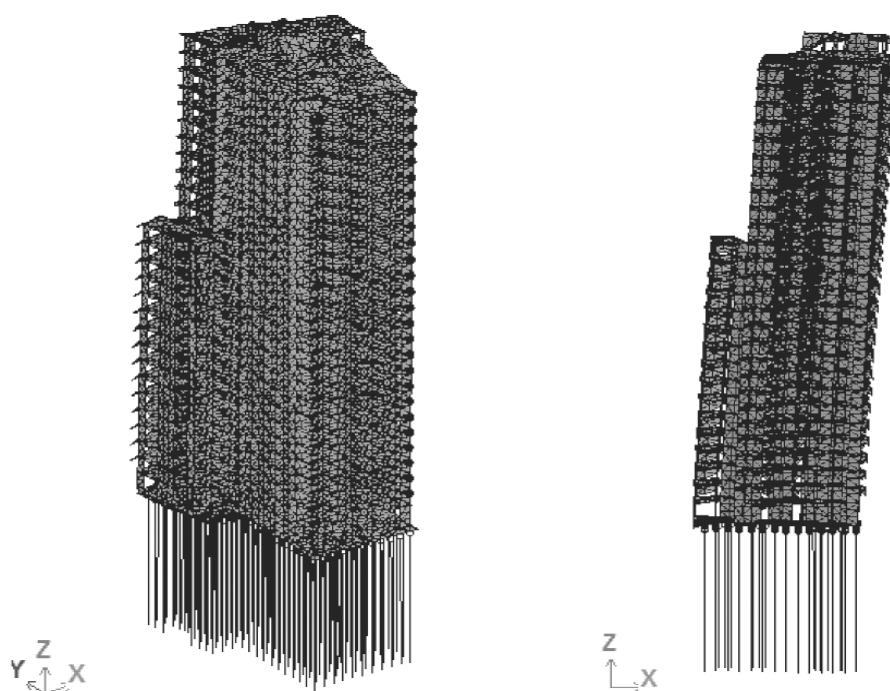


Рис. 5. Деформована схема будівлі при лінійному розрахунку (тип 1)

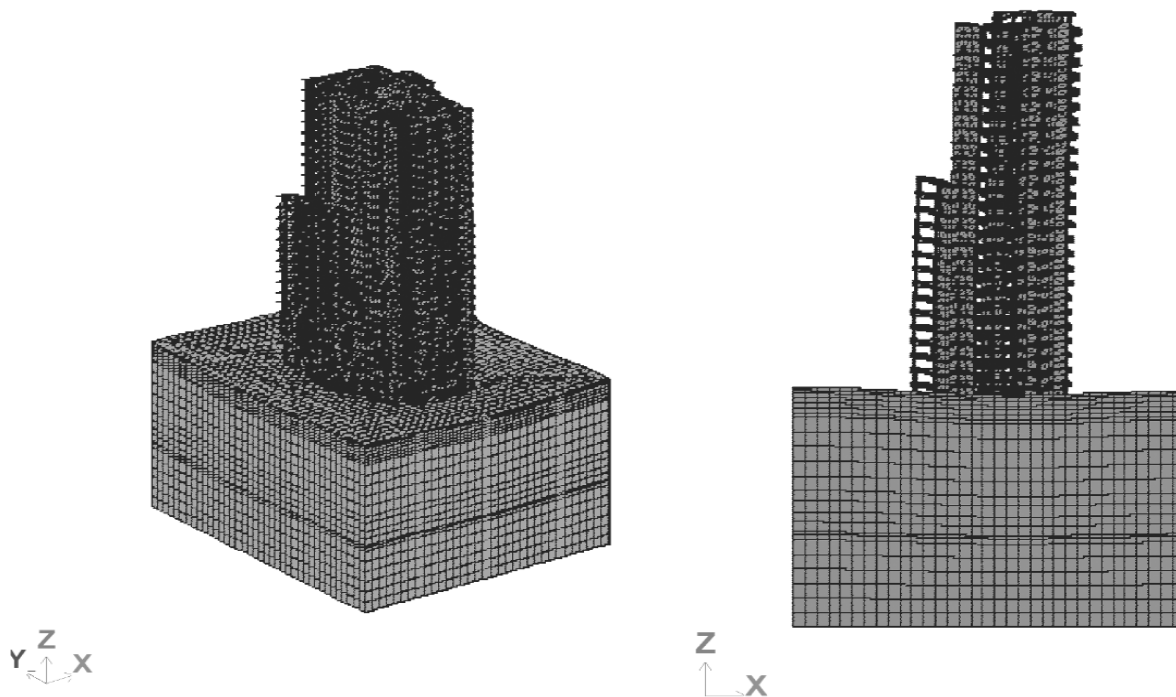


Рис. 6. Деформована схема будівлі при лінійному розрахунку (тип 2)

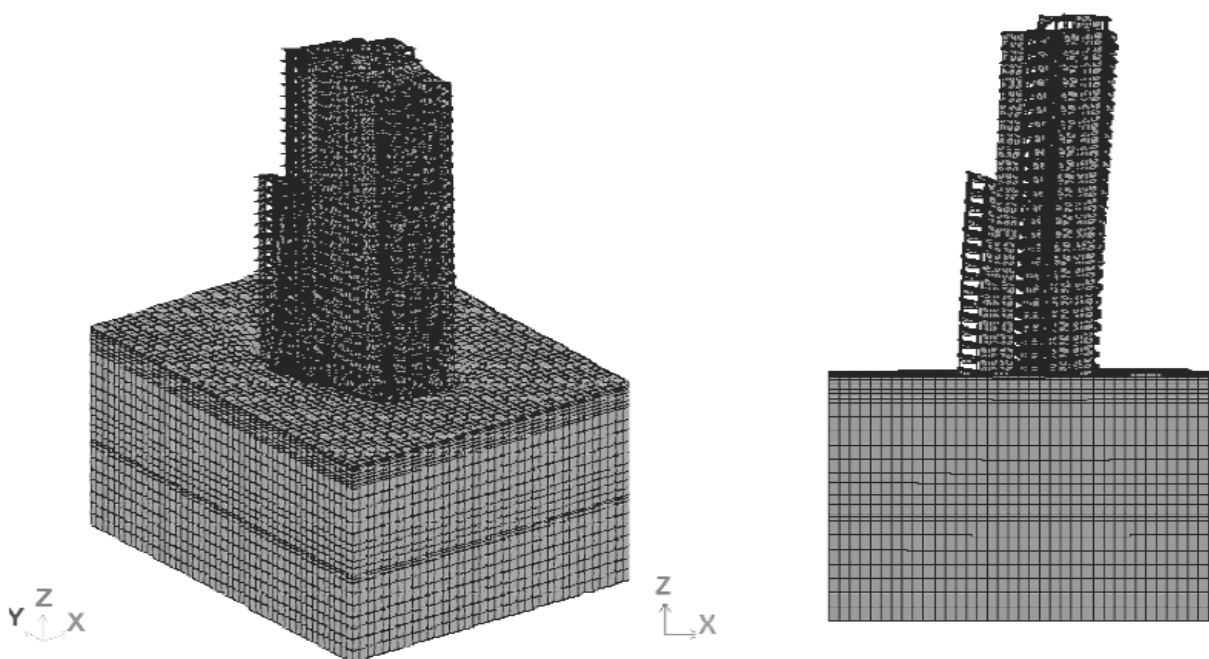


Рис. 7. Деформована схема будівлі при нелінійному розрахунку (тип 3)

Скінченно-елементна модель для лінійного розрахунку (тип 2) виконана з використанням лінійних об'ємних скінченних елементів з трикутною (під будівлею) та прямокутною (за межами будівлі) формою в плані, крок сітки вузлів трикутників не більше 1 м, прямокутників — 2 м. Жорсткості об'ємних елементів призначені відповідно до даних інженерно-геологічних вишукувань.

В скінченно-елементній моделі палі змодельовані за допомогою двовузлових СЕ №10, з довжиною, що відповідає шару ґрунту. Нижній кінець палі заглиблено на 1 м в несучий шар ґрунту, а верхній має шарнірне сполучення з плитним ростверком.

Ґрунтовий масив триангульовано за допомогою методів програмного комплексу. Межею масиву прийнято точки на відстані 24 м (в поперечному

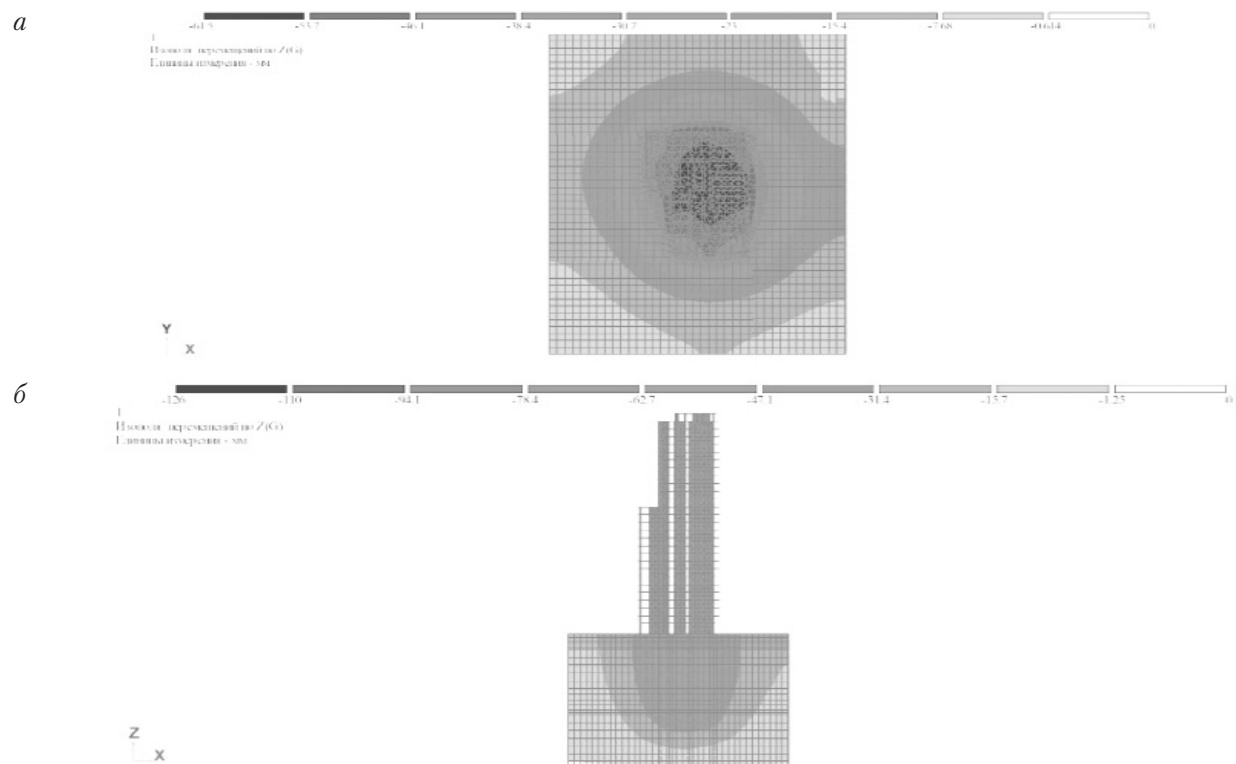


Рис. 8. Изополя перемещений грунта в напрямку Z при линейном расчету (тип 2):
а — в рівні підшви плитного ростверку; б — поперечний розріз

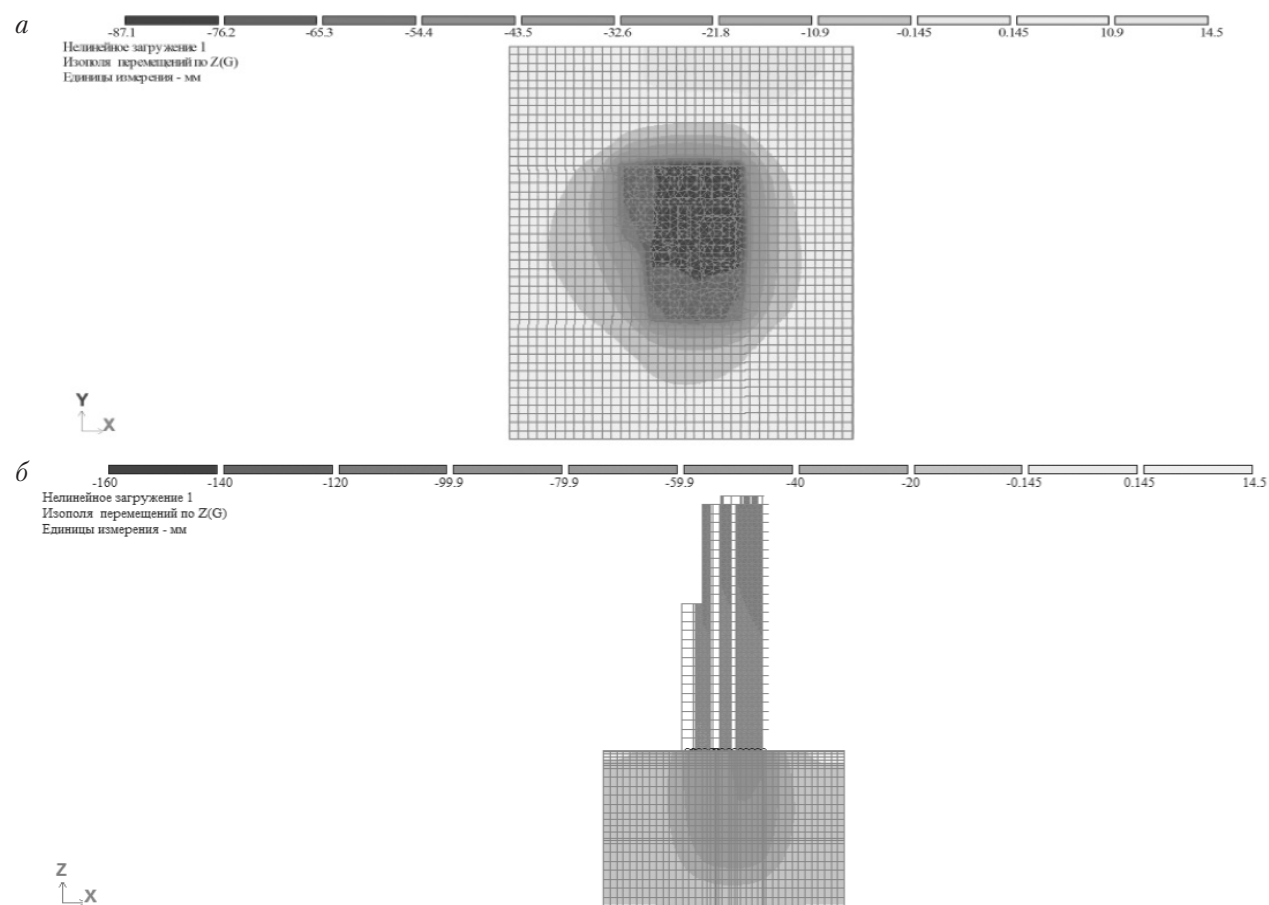


Рис. 9. Изополя перемещений грунта в напрямку Z при нелинейном расчету (тип 3):
а — в рівні підшви плитного ростверку; б — поперечний розріз

напрямку) та 26 м (в поздовжньому напрямку) від крайніх вузлів плити ростверку. Триангуляція прямокутними пластинчастими СЕ проводилась з врахуванням вузлів ростверку. Після цього пластинчасті СЕ видавлювались переміщенням твірної на величину фактичної потужності шару і пізніше були видалені. В межах кожного шару ґрунту (відповідно до інженерно-геологічних умов),

об'ємні скінченні елементи поділені на шари від 0,6 до 3 м в залежності від потужності шару ґрунту. Нижня грань масиву обмежена від переміщень по осям X, Y та Z, а бічні — від переміщень по X та Y.

Для виконання нелінійного розрахунку з використанням об'ємних фізично нелінійних СЕ ґрунту (тип 3) були використані СЕ № 271 і 273 прямокутної і трикутної форми в плані відповідно, палі

Табл. 1. Порівняльний аналіз чисельних досліджень максимальних внутрішніх зусиль в палях в периферійній та середній зонах пального фундаменту

Зона	№ палі	Тип 1, N, кН	Тип 2, N, кН	Тип 3, N, кН	Похибка між С3 та С5, %	Похибка між С4 та С5, %
1	2	3	4	5	6	7
Периферійна зона	1	-1961.50	-4645.08	-3844.55	96.00	20.82
	2	-1745.10	-2987.16	-2819.04	61.54	5.96
	3	-1946.70	-3289.11	-2854.19	46.62	15.24
	4	-2116.30	-3449.91	-2942.92	39.06	17.23
	5	-2135.70	-3316.82	-2855.75	33.71	16.15
	6	-2022.20	-5148.54	-4911.35	142.87	4.83
	7	-1804.50	-2556.43	-2600.87	44.13	1.74
	8	-1613.60	-2209.00	-2384.06	47.75	7.92
	9	-1725.60	-2722.76	-2603.00	50.85	4.60
	10	-2008.30	-3646.17	-2956.52	47.22	23.33
	11	-1817.70	-3317.07	-2611.27	43.66	27.03
	12	-1643.60	-2770.17	-2885.60	75.57	4.17
	13	-2035.10	-4125.16	-3950.00	94.09	4.43
	14	-2021.19	-2882.45	-2444.53	20.95	17.91
	15	-1930.40	-3081.14	-2546.91	31.94	20.98
	16	-1793.60	-2559.10	-2238.39	24.80	14.33
	17	-2019.00	-4436.80	-3782.21	87.33	17.31
	18	-1794.80	-2832.01	-2351.73	31.03	20.42
	19	-1362.90	-1383.42	-1213.77	12.29	13.98
	20	-981.50	-2284.05	-2652.01	170.20	16.11
	21	-1279.10	-2190.87	-1880.14	46.99	16.53
	22	-1468.40	-2368.41	-2193.76	49.40	7.96
	23	-1657.80	-2359.45	-2134.02	28.73	10.56
Середня зона	24	-1652.20	-854.82	-1264.28	30.68	47.90
	25	-1773.50	-849.09	-1271.37	39.50	49.73
	26	-1738.70	-844.92	-1169.96	48.61	38.47
	27	-1984.00	-1069.92	-1368.97	44.93	27.95
	28	-1639.90	-1048.51	-1258.09	30.35	19.99
	29	-1592.00	-1109.37	-1364.53	16.67	23.00
	30	-1475.50	-720.87	-1009.13	46.22	39.99
	31	-1447.50	-939.74	-1185.03	22.15	26.10
	32	-1540.90	-1142.97	-1366.09	12.80	19.52

Табл. 2. Порівняльний аналіз чисельних досліджень переміщень вздовж осі Z в периферійній та середній зоні пальового фундаменту

Зона	№ палі	Тип 1, Δ , мм	Тип 2, Δ , мм	Тип 3, Δ , мм	Похибка між С3 та С5, %	Похибка між С4 та С5, %
1	2	3	4	5	6	7
Периферійна зона	1	-11.85	-54.07	-96.93	718.01	79.25
	2	-10.54	-60.66	-103.49	881.72	70.61
	3	-11.76	-67.35	-111.83	850.99	66.05
	4	-12.78	-68.59	-114.41	795.24	66.80
	5	-12.90	-65.57	-112.90	775.20	72.18
	6	-12.22	-59.43	-107.14	777.07	80.27
	7	-10.90	-64.75	-110.88	917.17	71.25
	8	-9.75	-68.09	-112.70	1056.18	65.53
	9	-10.42	-71.96	-116.30	1015.60	61.61
	10	-12.13	-74.57	-119.16	882.20	59.80
	11	-10.98	-73.55	-117.13	966.72	59.24
	12	-9.93	-64.59	-105.45	962.08	63.26
	13	-12.29	-52.59	-93.17	657.88	77.17
	14	-12.21	-57.70	-98.16	703.64	70.11
	15	-11.66	-60.40	-100.63	762.92	66.62
	16	-10.84	-57.25	-97.28	797.80	69.92
	17	-12.20	-52.77	-92.63	659.43	75.53
	18	-10.84	-62.44	-101.61	837.14	62.74
	19	-8.23	-73.25	-111.65	1256.16	52.42
	20	-5.93	-59.58	-92.31	1456.99	54.95
	21	-7.73	-61.98	-98.15	1170.20	58.35
	22	-887.00	-61.09	-99.91	787.81	63.55
	23	-10.02	-58.52	-98.88	887.31	68.97
Середня зона	24	-9.82	-71.70	-113.25	1053.57	57.94
	25	-10.71	-73.43	-115.95	982.28	57.92
	26	-10.50	-75.32	-117.96	1023.05	56.61
	27	-11.99	-80.14	-121.42	913.07	51.51
	28	-9.91	-76.61	-116.45	1075.40	52.01
	29	-9.62	-76.57	-115.27	1098.55	50.53
	30	-8.91	-74.21	-112.09	1158.06	51.06
	31	-8.74	-77.20	-115.52	1221.16	49.63
	32	-9.31	-76.30	-115.80	1144.11	51.78

змодельовані за допомогою двовузлових СЕ з довжиною залежно від потужності шарів ґрунту з зануреним нижнім кінцем в несучий шар на 1 м. Для розрахунку обрано кроково-ітераційний метод для сполучень навантажень (довготривале, короткочасне) з кількістю ітерацій сполучених навантажень 50, крок для прикладання нелінійного навантаження 25% від розрахункового навантаження.

Для чисельного дослідження та отримання максимально об'єктивного результату були обрані палі, що розміщені у різних зонах пальової основи, які умовно розділені на периферійну (по контуру ростверку) та центральну (в середині ростверку) зони, робота ростверку не враховується. Схему розміщення пальового поля та межі зон зображено на рис.4.

Порівняльний аналіз виконаний в табличному вигляді для значень зусиль в палях поздовжньої сили N (таблиця 1) та переміщень вздовж осі Z (таблиця 2).

Висновок. Проаналізувавши отримані чисельні дослідження в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2013 можна зробити наступні висновки:

1) дослідження напружено-деформованого стану елементів системи "основа — фундаменти — надземні конструкції" рекомендується проводити із застосуванням програмних комплексів, які враховують об'ємну фізичну не лінійність;

2) розрахунки по типу 1 недопустимі, тому що отримані значення зусиль в палях мають похибку до 140% і не враховують сумісну роботу паль;

3) застосування об'ємних фізично-нелінійних скінченних елементів дає можливість врахувати вплив суміжних секцій та послідовність зведення споруди на розподіл зусиль в пальовому фундаменті. Це дає змогу коректно дослідити характер деформування основи, що впливає на осідання фундаментів та перерозподіл внутрішніх зусиль у плитних ростверках та палях;

4) моделювання ґрунтового масиву в ЛІРА-САПР 2013 не враховує водонасичення ґрунтової основи, а також об'ємні СЕ не враховують пористість і вологість ґрунту;

5) для точнішого моделювання нелінійної роботи ґрунту необхідно враховувати етапність зведення об'єкту в системі "Монтаж", для цього процес будівництва необхідно розділити на етапи (стадії): 1 — ґрунтовий масив, з врахуванням його власної ваги та з "зануленням" переміщень; 2 — конструкції фундаментів (палі та плитний ростверк), які ущільнюють ґрунт від власної ваги; 3 —

надземні конструкції, вище плити ростверку, що від власної ваги передають навантаження на фундаменти; 4 — інші навантаження, що використовуються для статичного розрахунку конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.1-10-2009 *Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.*

2. Попов А.Н., Волков В.В., Хатуцев А.А. "Численное моделирование напряженно-деформированного состояния аэродромных покрытий в условиях физической нелинейности грунтового основания" — Интернет журнал "Науковедение" №5. 2013.

3. Городецкий Д.А., Барабаш М.С. и др. "Программный комплекс ЛІРА-САПР 2013. Учебное пособие" — К. — М.: Электронное издание, 2013г, — 376 с.

4. Далматов Б.И. "Механика ґрунтов, основания и фундаменты. — Л.: Стройиздат, 1988., — 415 с.

АННОТАЦИЯ

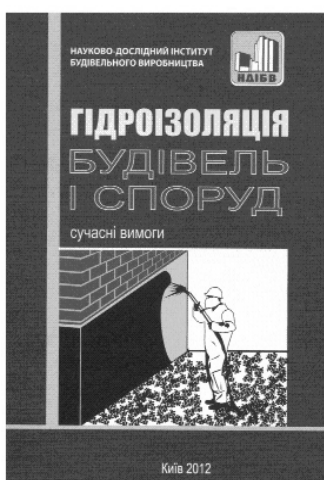
Представлены результаты численного анализа свайных фундаментов 24 -этажного каркасно-мо-нолитного жилого здания в программном комплексе ЛІРА-САПР с разными вариантами моделирования ґрунта основы.

Ключевые слова: ґрунт, каркасно-монолитное здание, сваи, программный комплекс.

ANNOTATION

Numerical analysis of pile foundations of the 24-storey building with different soil models in software LIRA-SAPR is shown.

Keywords: Soil, cast-frame building, piles, computer modelling.



Пропонуємо наші нові видання "Гідроізоляція будівель і споруд"

У книзі наведені сучасні вимоги до проектування та улаштування гідроізоляції будівель і споруд з застосуванням нових матеріалів і технологій. Наведена сучасна класифікація гідроізоляцій та сучасні вимоги до гідроізоляційних матеріалів, технологій улаштування і експлуатації виконаних гідроізоляцій. Книга призначена для інженерно-технічних працівників проектних та будівельних організацій.

3 питань придбання звертатись:

т/ф.: (044) 248-48-68, E-mail: vistavca@ukr.net

УДК 721.01: 624.012.3 : 681.3.06

*В.П.Максименко, к.т.н., НИИСП;
Д.А.Городецкий, к.т.н., А.А.Рассказов, к.т.н.;
ТОВ "ЛИРА САПР", Киев*

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009

АННОТАЦИЯ

Реализованные в ПК "МОНОМАХ САПР" численные методы строительной механики позволяют выполнять расчет и проектирование высотных сооружений на сейсмические и граничные ветровые воздействия по результатам аэродинамического обдува.

Ключевые слова: высотное здание, каркас, ветровые, сейсмические воздействия, деформации.

В действующем ДБН-В.2.2.-24:2009 "Проектирования висотних житлових і громадських будинків" изложены основные требования к расчету и проектированию высотных жилых и общественных зданий: высотой более 73,5м:

– при высоте зданий более 100м проектирование выполняется как объекта экспериментального строительства с научно-техническим сопровождением его строительства в соответствии с ДБН-В.1.2-5:2007 [5];

– на стадии "П" выполняется проверочный расчет здания как конструктивной пространственной системы "**грунтовое основание-фундамент-строение**" (см.п.2.6 ДБН), в составе проектной документации для экспертизы подается сравнительная таблица расчетных параметров с допустимым расхождением по ним не более 10%;

– здания высотой более 73.5м разрешается строить на площадках с сейсмичностью до 6 баллов за шкалой MSK-64, выше как объектов экспериментального строительства с учетом коэффициента динамичности β_i по новой шкале (см. Рис.1 на цветной вкладке);

– определяется зона влияния высотного сооружения на существующую застройку расчетом грунтового основания на стадии "П" с разработкой комплекса мероприятий по обеспечению целост-

ности окружающей жилой застройки, а также инженерной и транспортной инфраструктуры. В данном ДБН установлена **максимально допустимая величина дополнительных осадок грунтового основания и перекосов** существующих объектов в зоне влияния нового строительства, в том числе: для зданий с ЖБ каркасом — до 4см с относительным перекосом не более 0,002; для зданий с несущими стенами с армированной кладкой или с ЖБ поясами до 3см и относительным перекосом не более 0,0015; для зданий с несущими стенами из каменной кладки и зданий из крупных панелей до 2см и 1см соответственно с относительным перекосом не более 0,0010;

– расчет на граничные ветровые воздействия выполняется с учетом пульсационной динамической составляющей. При несимметричной схеме сооружения и высотности более 200м **расчет по результатам обдува в аэродинамической трубе;**

– выполняется расчет на "прогрессирующее обрушение", такое воздействие относится к аварийной ситуации, когда локальное разрушение или повреждение отдельных элементов несущих конструкций в пределах одного этажа или части перекрытия (ограниченной площадью до 80м² или диаметром до 10м), не ведет к полному разрушению всей конструкции и здания в целом. При этом в отдельных элементах конструкций допускается развитие трещин и пластических деформаций в арматуре. Расчет прочности и устойчивости каркаса сооружения проводится на **аварийное сочетание нагрузений**. При этом в соответствии с п.Е.2 по [1] — предельные перемещения конструкций не регламентируются, необходимо **оценить общую устойчивость здания** в целом. Аварийные воздействия могут быть вызваны деятельностью человека при пожаре, взрыве газа, терактов, наездов транспорта и др. или природными явлениями, как: землетрясения, ураганы, оползни, неравномерные деформации оснований.

Устойчивость к прогрессирующему обрушению проверяется нелинейным расчетом на особое (аварийное) сочетание нормативных нагрузок и воздействий, включающее постоянные и длительные нагрузки, а также воздействие гипотетических локальных разрушений несущих конструкций. Рекомендуется использовать программные комплексы (ПК), в которых реализованы процедуры расчета конструкций с учетом **физической, геометрической нелинейности, процессов монтажа и модели-**

рования жизненного цикла (Например, такие как ЛИРА-САПР, МОНОМАХ-САПР и др).

Рассмотрим методику расчета каркаса по результатам обдува здания в аэродинамической трубе на реальном примере обдува модели здания фирмой BMT Fluid Mechanics, Англия [6].

Дублирующий расчет конструкций высотного административно-офисного комплекса с подземным 8-и уровневый паркингом ул. Шолуденко в г. Киеве (общая высота $H=+210\text{м}$, $H_{\text{подвала}} = -28,3\text{м}$, фундаментная плита переменной толщиной 1.5м, 2,0м, 2,5м, 3,5м) выполнялся в ПК "ЛИРА".

Пространственная схема конструкций 34-х и 47-и этажного (с 6-ти этажным подиумом) каркасно-монолитного висотного здания выполнена в ПС "КОМПОНОВКА" ПК "МОНОМАХ САПР" (см. Рис.2). Созданная в ПС "КОМПОНОВКА" расчетная схема МКЭ здания проимпортирована в ПК "ЛИРА САПР" (см. Рис.4 на цветной вкладке). Для получения достоверных данных о напряженно-деформированном состоянии (НДС) высотного сооружения, расчет выполняется с учетом поэтапности монтажа.

Первый вариант расчета на статические и ветровые воздействия выполнялся по стандартной методике ДБН В.1.2-2:2006 [2], при определении граничного значения ветрового воздействия в виде (для сооружений высотой до 200м):

$$W_m = \gamma_{jm} W_0 C, \quad (1)$$

где $C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d$,

γ_{jm} — коэффициент надежности за граничным значением ветрового воздействия (по табл. 9.1., ДБН В.1.2-2:2006);

W_0 — характеристическое значение ветрового давления;

C_{aer} — аэродинамический коэффициент (по Додатку I ДБН);

C_{alt} — коэффициент географической высоты = 1 (при $H < 0,5 \text{ км}$);

C_{rel} — коэффициент рельефа,

C_d — коэффициент динамичности для учета пульсационной составляющей, по умолчанию $C_d=1.2$ при $H>73,5 \text{ м}$;

C_h — коэффициент высоты сооружения в ПС "Компоновка САПР" принимается автоматически с учетом изменения высоты по этажам, типа местности в соответствии с требованиями ДБН В.2.2-24 в виде:

$$c_h(z) = [k_h \cdot c_e(z)]^2 \cdot [1 + 7/c_e(z)], \quad c_e(z) = \ln(z_{\min}/z_0). \quad (2)$$

Приведенная суммарная составляющая ветрового давления W_i в уровне перекрытия i -того этажа будет:

$$W_i = W_{mi} + W_{pi}, \quad (3)$$

где W_{mi} — средняя составляющая нормативного давления с учетом суммы напора и отсоса

$C_{aer}=1.4 (0.8+0.6)$ для i -того этажа будет:

$$W_{mi} = 0,5 C_{aer} W_0 k B (z_{i+1} + z_{i-1}), \quad (4)$$

где k — коэффициент типа местности принимаемый по таблице ДБН [1, 2];

B — усредненная ширина обдуваемой поверхности по X , Y (или по направлению под произвольным углом) определяется автоматически для каждого этажа;

z_i — ордината i -того перекрытия от уровня земли (в ПК "Компоновка" — отметка планировки);

W_{pi} — динамическая пульсационная составляющая для i -того уровня перекрытия при частоте колебаний менее предельной частоты собственных колебаний будет:

$$W_{pi} = 1.4 W_{mi} \zeta_i \nu C_d z_i / H, \quad (5)$$

ζ_i — коэффициент пульсаций принимается по таблице ДБН;

H — высота сооружения.

Как видим с эпюры распределения давления на каркас здания высотой до 200м (расчет по ЭСП-РИ см. Рис.1.6 на цветной вкладке) в методике ДБН В.1.2-2006 [2] не учитывается реальная картина неравномерного изменения ветрового давления и скоростей ветра при изменении геометрии сооружения, которая возникает при несимметричной схеме по результатам обдува (см. Рис.3 на цветной вкладке).

Результаты расчета каркаса на ветровые воздействия по принятой методике ДБН [2] (Вариант-1) представлены (см. на Рис.5 на цветной вкладке).

По результатам проведения дренажного эксперимента с моделью здания получаем векторы полных аэродинамических сил F_x , F_y и моментов M_z (см. Рис. 3 на цветной вкладке). После обработки результатов аэродинамического эксперимента на

модели объекта определяются реальные расчетные граничные и эксплуатационные значения сил и моментов по высоте здания по [6].

Для автоматизации задания неравномерного ветрового давления на каркас по результатам обдува в ПС "Компоновка САПР" разработана технология и **специальный модуль**, который позволяет задать **произвольную эпюру ветрового давления или скорости ветра по высоте здания**, полученных непосредственно из результатов аэродинамического эксперимента (см. Рис.4 на цветной вкладке). Полученное произвольное ветровое давление по высоте автоматически пересчитывается в силы и моменты в уровне перекрытия каждого этажа, что существенно упрощает процесс их задания.

Результаты расчета каркаса на ветровые воздействия по методике ДБН В.2.2-24:2009 (Вариант-2) и результатов аэродинамического обдува [6] представлены на (см. Рис.6. на цветной вкладке).

Максимальные горизонтальные перемещения верха сооружения (отм. 210м) от воздействия Ветра-2 по оси У составили: $RCH-6 = 1.1\sqrt{(0,2626^2 + 0,07228^2)} = 0,2996$ м при коэффициенте надежности по ответственности = 1,1.

Относительное максимальное горизонтальное перемещение верха сооружения при граничном ветровом напоре по результатам аэродинамического обдува будет (ДСТУ Б В.1.2-3:2006 п.7 податливое основание -1/500fu) :

$$f/H = 0,2996/214 = 1/714 < 1/500$$

таким образом предельно допустимая деформативность каркаса высотного здания при граничном ветровом воздействии обеспечивается.

Сопоставление результатов расчета каркаса здания по ДБН [1, 2] и по данным обдува [6] показали, что максимальные горизонтальные деформации каркаса при аэродинамическом эксперименте на модели на 25-30% больше от данных полученных по ДБН В.1.2-2006, а крутильные составляющие деформаций могут превышать более чем в два раза.

Выводы.

Проведение дублирующих расчетов по данным аэродинамического эксперимента на модели подтверждает необходимость проведения таких модельных экспериментов для зданий неправильной формы в плане и высотой более 200м. Разработанные в ПК "МОНОМАХ САПР", ПС "Компо-

новка САПР" расчетный аппарат и реализованная методика позволяют моделировать результаты дренажного эксперимента на произвольной пространственной модели здания с произвольной геометрией. Для работы в среде ПК "МОНОМАХ САПР" от пользователя не требуется глубоких знаний метода конечных элементов (МКЭ) и специфических знаний по работе со сложными расчетными комплексами, поскольку при создании расчетной модели сооружения ему предоставляется возможность оперировать общепринятыми терминами: оси, балки, плита, свая, колонна, этаж, отверстие, форма штампа приложенной нагрузки и т.д.

ЛИТЕРАТУРА.

1. ДБН В.2.2-24:2009. *Проектування висотних житлових і громадських будинків. Мінірегіонбуд України, Київ, 2009.*
2. ДБН-В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. Норми проектування. К., 2006.*
3. ДБН-В.1.1-12:2014. *Будівництво в сейсмічних районах України. К., 2014.*
4. ДБН-В.1.2-14. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К., 2008.*
5. ДБН В.1.1-5:2007 *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. К., 2007.*
6. BMT Fluid Mechanics Limited. Project No43876. *AOB Tower Kiev, Ukraine. Wind Climate Analysis, 2007.*

АНОТАЦІЯ

Реалізовані в ПК "МОНОМАХ САПР" чисельні методи будівельної механіки дозволяють виконувати розрахунки і проектування висотних споруд на сейсмічні і граничні вітрові навантаження по результатах обдуву в аеродинамічній трубі.

Ключові слова: висотна споруда, каркас, вітрові, сейсмічні навантаження, деформації.

ANNOTATION

Numerical methods of structural analysis implemented in MONOMAKH-SAPR software enable the user to analyze and design high-rise buildings on earthquake and ultimate wind loads according to results of aerodynamic blowing

Keywords: high-rise building, wind, seismic influences, deformations.

УДК 666.972

*Е.И. Демченко к.т.н., ООО "АКАМ";
И.Е. Мороз, ООО "АКАМ";
С.К. Бодигин, ЧП "Тепла хата", Днепропетровск*

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В работе предлагается технология рациональной экологически чистой утилизации отходов камнеобрабатывающего предприятия путем использования шлама в качестве наполнителя неавтоклавного пенобетона. Приведены результаты физико-механических испытаний опытной партии продукции.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон; свойства заполнителя; экология; утилизация отходов; шлам.

Введение. Утилизация твердых пылевидных отходов (шлама) камнеобрабатывающих предприятий имеет острую экологическую проблему. Нерациональное накопление отходов в отвалах приводит к загрязнению окружающей среды. При аналитическом подходе к данной проблеме и детальном рассмотрении физико-химических свойств шлама можно заметить, что отходы можно использовать в качестве ценного сырья для производства ячеистых бетонов.

Облегченные строительные ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными свойствами пользуются большим спросом у современного потребителя и широко применяются для снижения энергозатрат в конструкциях и сооружениях различного назначения.

На этом фоне, приоритетной задачей производителей строительных материалов является предложение качественного конкурентоспособного продукта. При этом сильная конкуренция приводит к вынужденной экономии на качестве шихтовых материалов, что в результате сказывается на качестве готовой продукции в целом. Решением данной проблемы может служить применение отходов производства в качестве сырьевых материалов.

Неавтоклавные пенобетоны на фоне относительно простой технологии изготовления, характеризуются достаточно нестабильной структурой и комплексом конструктивных свойств. Поэтому технология требует четкого соблюдения всех операций и постоянного анализа параметров производства.

На основании вышеуказанного, разработка и внедрение использования отходов камнеобрабатывающих предприятий в производстве ячеистых бетонов неавтоклавного твердения является весьма актуальной задачей.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является определение возможности использования в качестве заполнителя для пенобетона отходов камнеобрабатывающей продукции в виде пылевидного шлама.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи: произведена опытная партия пенобетона со шламом в виде заполнителя техногенного происхождения; определено влияние заполнителя на физико-механические свойства пенобетона.

Основная часть. В качестве наполнителя в пенобетоны классически рекомендуется использовать дробленый фракционированный кварцевый песок (ДФКП). К преимуществам применения ДФКП можно отнести:

- ДФКП прочно сцепляется с цементным камнем благодаря шероховатости поверхности, острым углам зерен и минимальному количеству загрязнения глиноземом.

- Высокая прочность.

- Возможность использования фракционно подготовленной смеси, т.е. подбор фракций заполнителя таким образом, чтобы получить бетонно-песчаную смесь максимально плотной структуры, заполняя пустоты в пространстве между частицами и минимизировать арочный эффект.

Таким образом, измельчение песка позволяет не только повысить его удельную поверхность, получить требуемый гранулометрический состав, но и улучшить качество поверхности частиц путем удаления и разрушения поверхностных неактивных пленок. Создание чистой и активной поверхности зерен песка повышает его реакционную способность в различных процессах. Следует добавить, что операция многократного измельчения одного и того же песка позволяет не только удалить загрязняющие пленки, но и придать песку некоторую степень вяжущих свойств. При этом при-

менение ДФКП влечет за собой дополнительные технологические операции: размол, сушка, рассев.

К недостаткам использования песка необходимо отнести наличие вредных примесей, а именно глины и органических соединений (в особенности — гуминовые кислоты). Данный ряд примесей является сильным ингибитором "схватывания" и "твердения цемента".

При сравнении удельных поверхностей глинистых частиц с частицами цемента (2400 и 3000 м²/л, соответственно), можно заметить, что она уже практически приближается к аналогичным показателям цемента. Если учесть, что по условиям обеспечения максимальной прочности каждая частичка заполнителя должна быть покрыта оболочкой цементного раствора, получается, что на обволакивание ультрамелких частиц потребуется гораздо больше раствора.

Рациональным решением видится замена применения ДФКП на пылевидные отходы (шлам) камнеобрабатывающей промышленности со схожими технологическими свойствами.

Образование шлама можно описать следующим образом: для производства плит из натурального камня применяются алмазно-канатные распиловочные машины (Рис. 1).

При распиле блоков камня охлаждение алмазного каната производится при помощи воды, которая вымывает образовавшийся в результате резки шлам. По водосточным каналам шлам подается на водоочистные сооружения замкнутого типа, где происходит отделение воды и шлама. Вода после очистки возвращается на нужды производства, а

шлам с минимальным количеством влаги (до 5%) подается в накопители. Производственная мощность предприятия ООО "АКАМ" позволяет получать до 120 т/мес отходов в виде шлама. Производство, преимущественно, ориентировано на обработку лабрадорита Слободского месторождения, поэтому химико-минералогический состав шлама известен и представлен в таблице 1.

Известно [1], что морфология частиц наполнителя влияет на: подвижность раствора и смеси, реологические свойства (тиксотронные и дилатантные), расслаиваемость, воздухововлечение, когезионную прочность растворов, усадочные деформации, прочность сцепления с основаниями, водонепроницаемость, устойчивость к агрессивным воздействиям и др.

Физико-механические свойства мелкого наполнителя влияют на реологические свойства бетонной смеси — предельное напряжение сдвига, вязкость и на плотность бетона.

Свободная поверхность шлама или, другими словами, механоактивной добавки после измельчения не является равновесной и статически устойчивой. В приповерхностном слое начинаются процессы перестройки в направлении к равновесному состоянию. Однако, как показывает практика, расфасованные механоактивированные цементы сохраняют свою активность в течение года и более.

Одним из важных технологических свойств шлама является фракционный состав. Так, весь фракционный состав шлама лежит в пределах 0-16 мкм. Другим, немало важным, технологическим свойством наполнителя является форма частиц. Так, благодаря особенностям структуры плагнок-



Рис. 1. Алмазно-канатная распиловочная машина на производстве ООО "АКАМ"

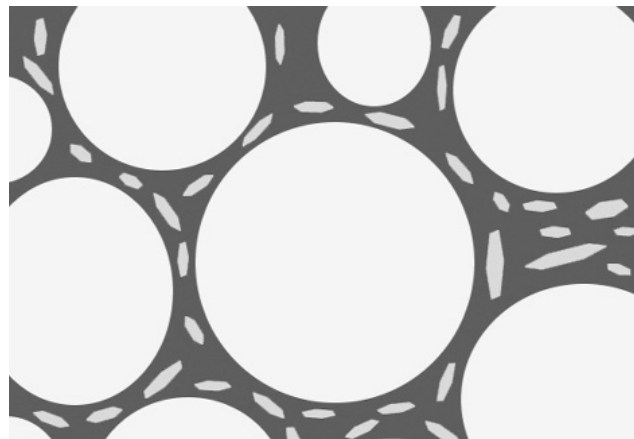


Рис. 2. Схематическое изображение структуры пенобетона: круглыми белыми кругами обозначены поры; черным — цементный раствор; серым — частицы шлама

Табл. 1. Химико-минералогический состав лабрадорита Слободского месторождения

Минерал	Содержание, %				
	Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	альбит—анортит
Лабрадор	4,0	13,3	31,8	51,9	30% Na[AlSi ₃ O ₈] — 70% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]

лаза (главной составляющей лабрадорита) при распиле блока камня алмазными канатами частицы шлама приобретают форму чешуек. Такая форма способствует созданию в межпоровой перегородке пенобетона более плотной упаковки частиц (Рис. 2).

Условная схема показывает, как чешуйчатые частицы располагаются между воздушными пузырьками в теле цементного раствора. При этом частицы располагаются в пространстве между пузырьками (межпоровом пространстве), плотно упаковываются и повторяют их шаровидную форму. Данная схема, на наш взгляд, будет способствовать повышению физико-механических свойств готового изделия.

В обратном же случае, если в межпоровой перегородке не достигается стесненного состояния, то образовавшиеся первичные продукты гидратации будут находиться преимущественно в гелеобразном состоянии, при высыхании которых начнут развиваться усадочные явления, как в межпоровых перегородках, так и во всем массиве пенобетонного изделия [2]. Сформировавшаяся перегородка при таких условиях будет обладать небольшой прочностью, что, в свою очередь, приводит к резкому снижению прочностных характеристик пенобетона.

К преимуществам использования механоактивированного шлама можно отнести следующее:

- образование активных центров на свежесформированной поверхности позитивно влияет на увеличение реакционной способности;

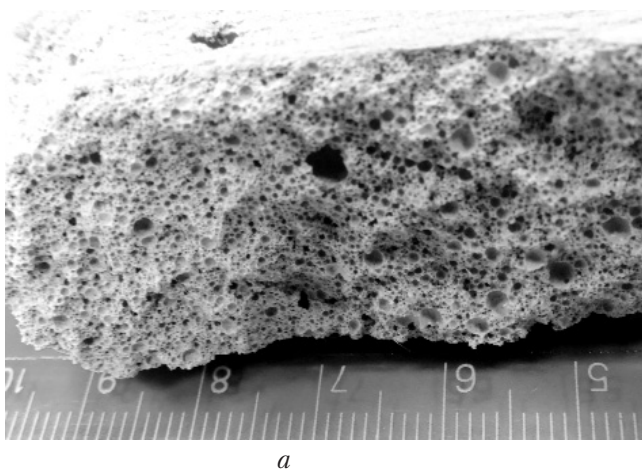
- места выхода дислокаций на поверхности частиц кристаллов служат энергетической ямой для зародышеобразующего процесса гидратации цемента;

- стабильность гранулометрического состава.

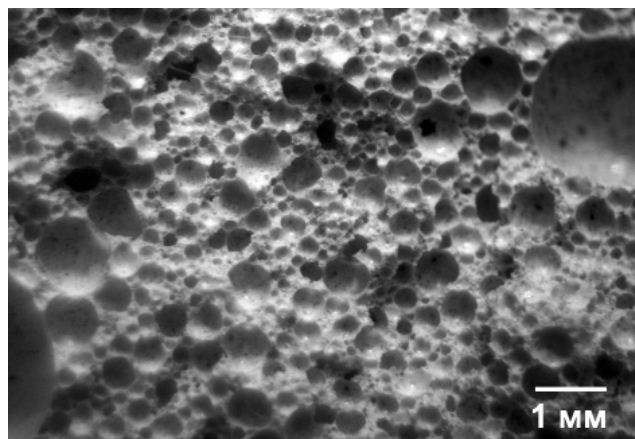
В условиях ЧП "Тепла хата" была произведена опытная партия пенобетона марки Д 600 с применением шлама в качестве наполнителя. Макроструктура излома пенобетона представлена на рисунке 3.

Использование шлама в пенобетонной смеси шлама позволяет повысить агрегативную устойчивость смеси в период схватывания цементного теста и, тем самым, предотвратить перемещение компонентов в пространстве под действием гравитационной составляющей компонентов. Отмечено явное отсутствие седиментации раствора по высоте, что сказывается положительным образом на анизотропии свойств готового изделия.

Прочность на сжатие образцов с использованием в качестве наполнителя песка и шлама составила $14,4 \pm 0,6$ и $13,0 \pm 0,7$ кгс/см², соответственно. В



а



б

Рис. 3. Макроструктура пенобетона марки Д 600

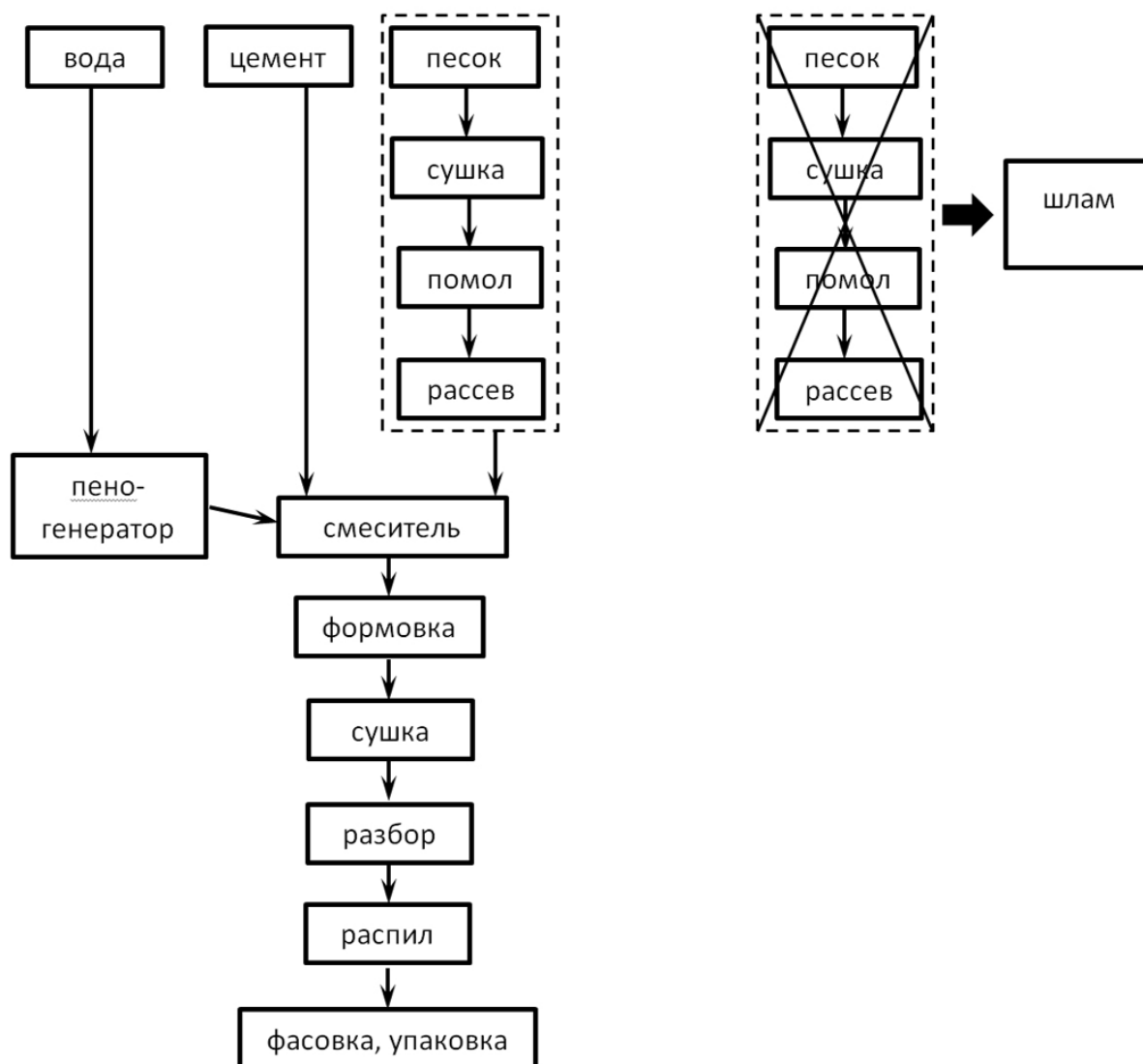


Рис. 4. Общая технологическая схема производства блоков пенобетона

соответствие с ДСТУ Б В.2.7-45:2010, полученные данные позволяют отнести материал к теплоизоляционным ячеистым бетонам неавтоклавного твердения с классом прочности на сжатие В 0,75.

Применение шлама в технологической схеме (Рис. 4) позволяет сократить технологические операции, что позволяет ускорить процесс и снизить себестоимость продукции.

Дальнейшие исследования будут направлены на:

- детальный анализ влияния химико-минералогического состава шлама на процессы гидратации;
- исследование структуры и технологических свойств частиц наполнителя, а также прочности сцепления цементного камня с поверхностью зерен заполнителей;

— повышение физико-механических свойств блоков ячеистых бетонов неавтоклавного твердения.

Выводы.

1. Применение отходов камнеобрабатывающего производства в виде шлама в качестве активного наполнителя для производства ячеистого пенобетона неавтоклавного твердения позволяет решить экологическую проблему — благодаря утилизации пылевидных отходов и предотвращения вредного влияния отвалов на окружающую среду прилегающей территории.

2. При переходе к использованию шлама наблюдается экономический эффект за счет исключения операций подготовки и активации мелкого наполнителя.

3. Замечено отсутствие седиментации цементного раствора по высоте, что сказывается положительным образом на анизотропии свойств готового изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Б.Н. Заполнители для бетона, М.: Стойиздат, 1981, с. 220.

2. Митина Н.А. Получение прочного неавтоклавного газобетона путем регулирования состава и свойств исходных смесей: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.11 "Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов" / Н.А. Митина. — Томск, 2003. — 20 с.

АНОТАЦІЯ

У роботі запропонована технологія раціональної екологічно чистої утилізації відходів камене-

обробного підприємства шляхом використання шламу в якості наповнювача неавтоклавного пінобетону. Наведено результати фізико — механічних випробувань дослідної партії продукції.

Ключові слова і фрази: неавтоклавний пінобетон; властивості заповнювача; екологія; утилізація відходів; шлам.

ANNOTATION

The technology of efficient and ecologically recycling of stone processing enterprises through the use of sludge as a filler for non-autoclaved aerated concrete was investigated. The physical and mechanical test results of an experimental batch of products was represented.

Key words: non-autoclaved aerated concrete; aggregate properties; ecology, waste management; sludge.



Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

Пропонуємо нормативну та методичну літературу:

№ п/п	Наименование	Язык	Цена за экземпляр
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./рус.	250,00
3	«Методичні рекомендації з виконання геодезичних робіт у будівництві»	Укр.	120,00
4	«Типові норми чисельності працюючих на підприємствах комунальної теплоенергетики»	Укр.	700,00
5	«Посібник з питань здійснення державного архітектурно-будівельного контролю»	Укр.	360,00
6	„Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд”	Укр.	270,00
7	«Гідроізоляція будівель і споруд. Сучасні вимоги»	Укр.	96,00
	Науково-технічний супровід реконструкції Національного спортивного комплексу «Олімпійський» в Києві	Укр.	300,00

Вартість вказана з урахуванням ПДВ.

Витрати на пересилання одного примірника — 30,00 грн.

Більш докладна інформація на нашому сайті: www.ndibv.kiev.ua

(044) 248-48-68 ф.

E-mail: vistavca@ukr.net

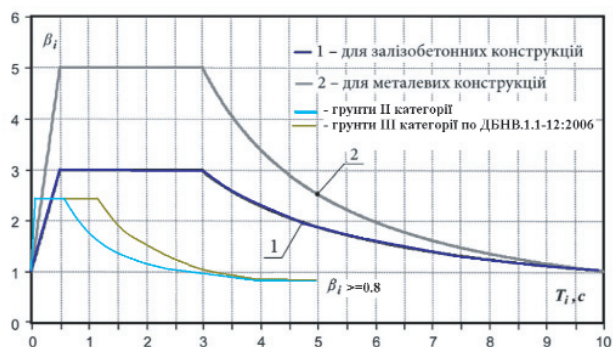


Рис. 1.а Сравнение коэффициентов динамичности при сейсмическом воздействии по ДБН В.1.1-14 и ДБН В.2.2-24.

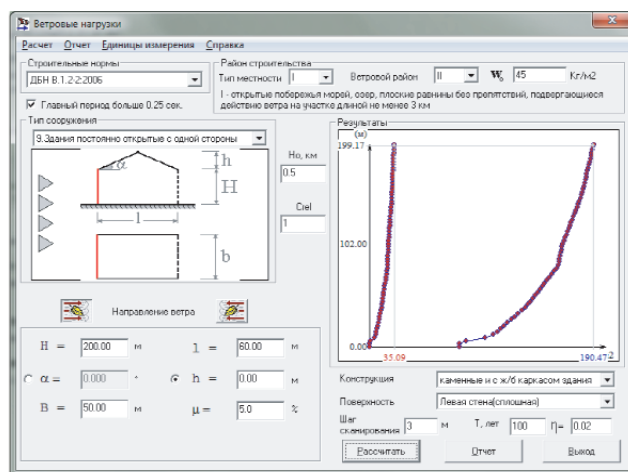


Рис. 1.а Эпюры распределения ветрового давления по высоте до 200м в ЭСПРИ-2014

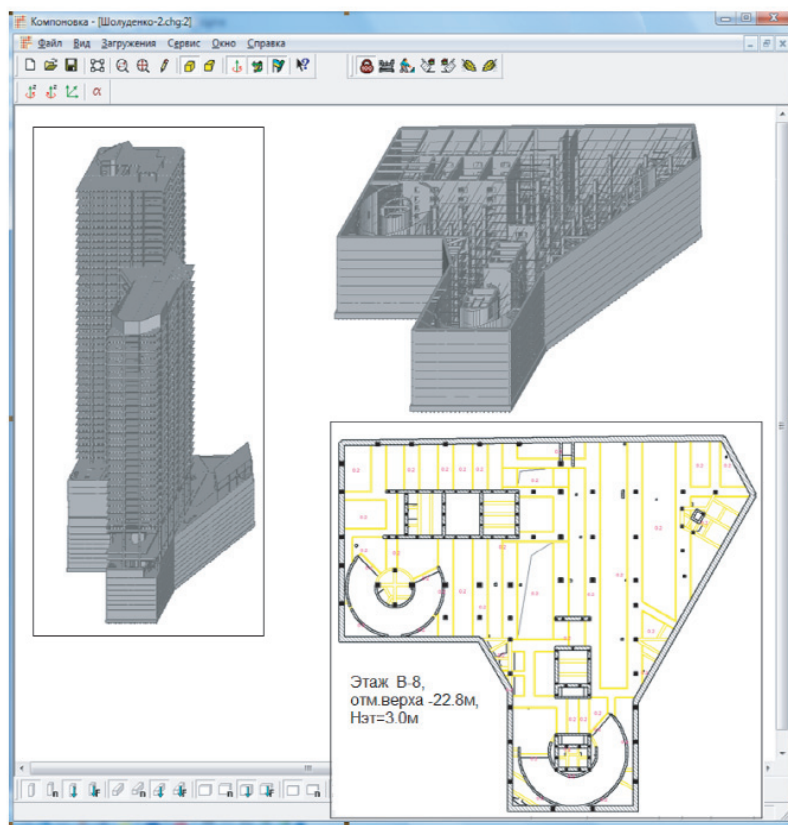
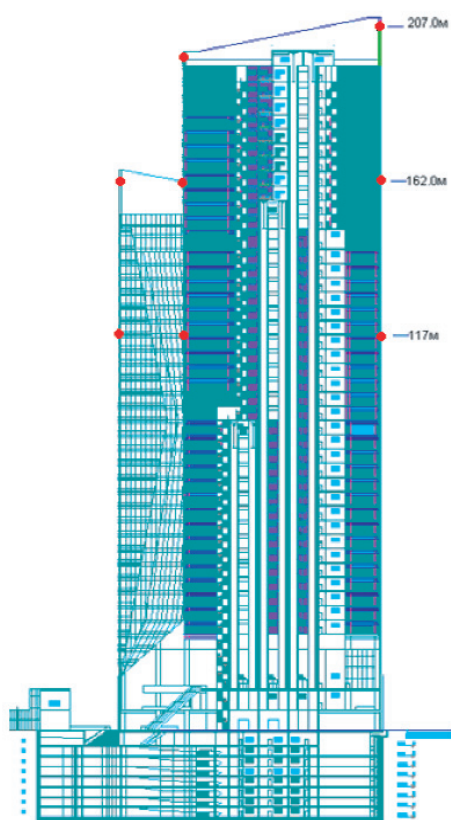


Рис. 1.б Пространственная схема здания, план подвала в ПС "Компоновка САПР"

Рисунки к статье В.П. Максименко, Д.А. Городецкого и А.А. Рассказова МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009 стр. 53

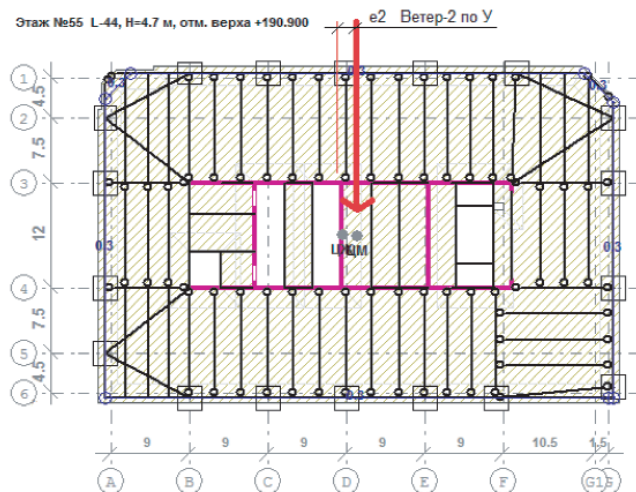
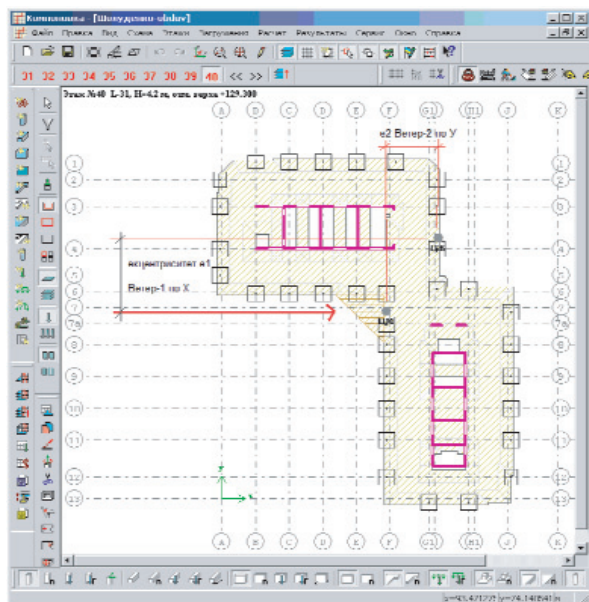


Рис. 2.6 Учет эксцентриситета приложения ветровых воздействий
ЦМ — центр масс,
ЦЖ — центр жесткости этажей

Рис. 2. Планы этажей в ПС "Компоновка"

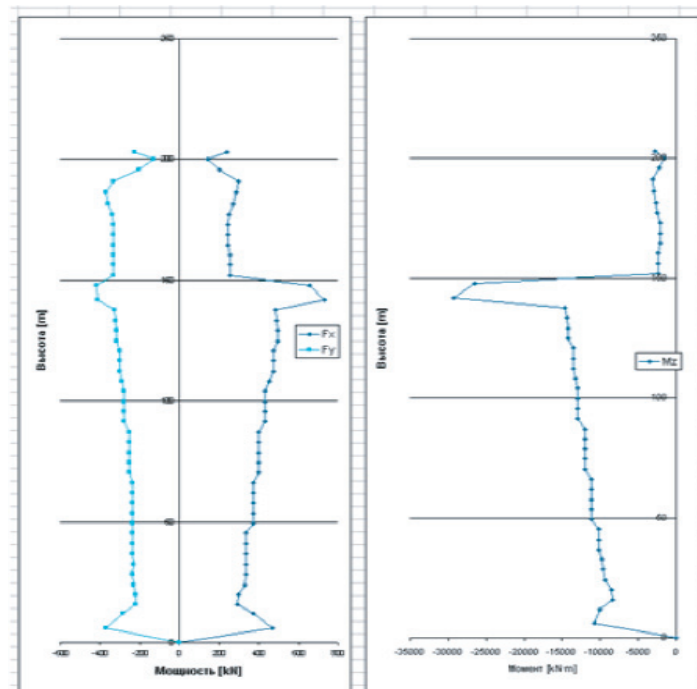
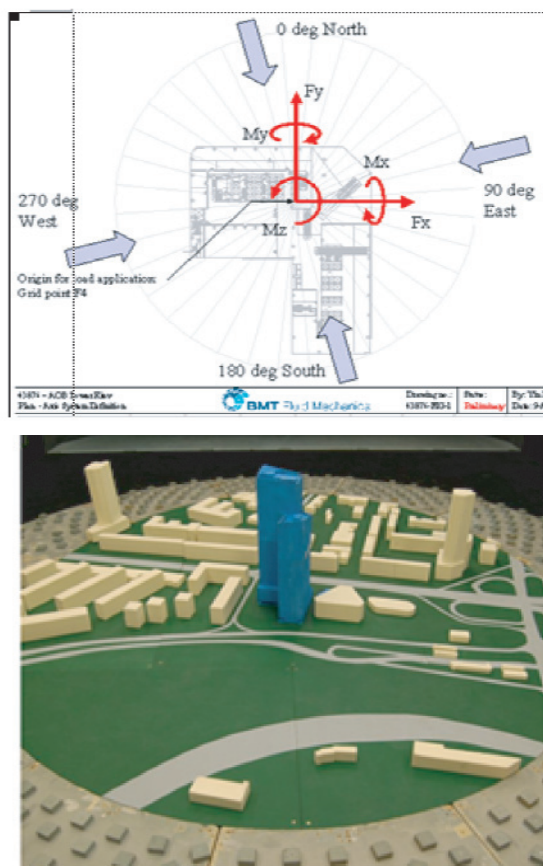


Рис. 3. Результаты обдува здания в поданных BMT Fluid Mechanics Limited

Рисунки к статье В.П. Максименко, Д.А. Городецкого и А.А. Рассказова МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009 стр. 53

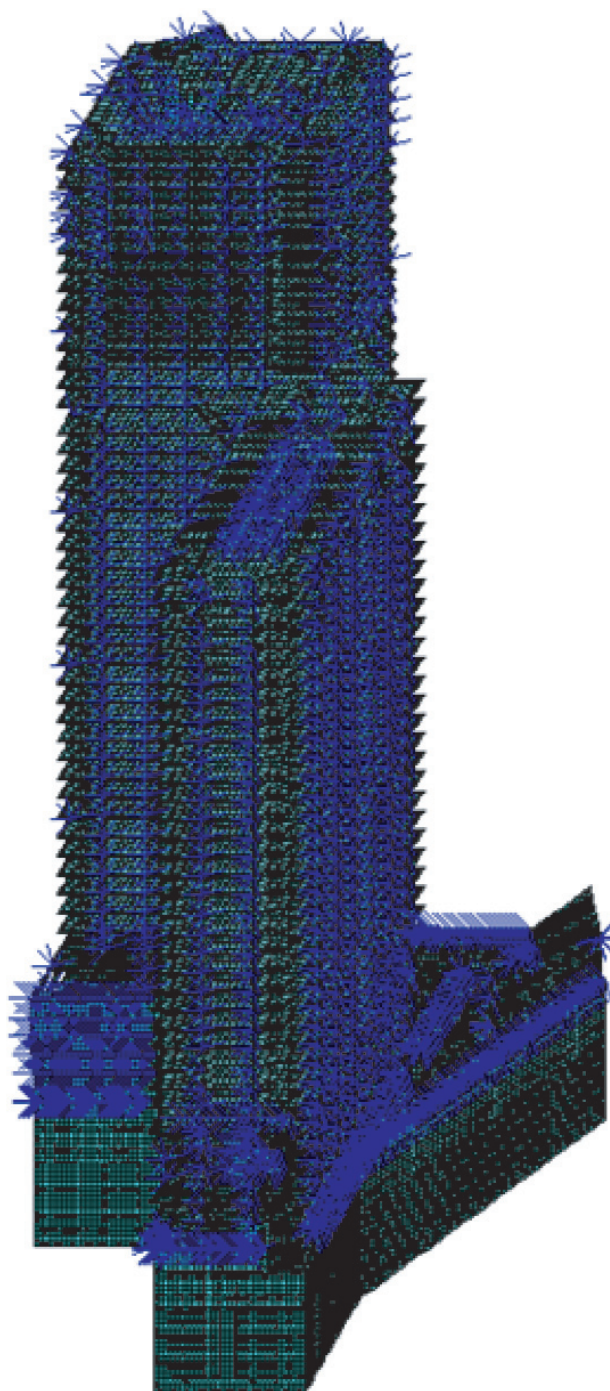
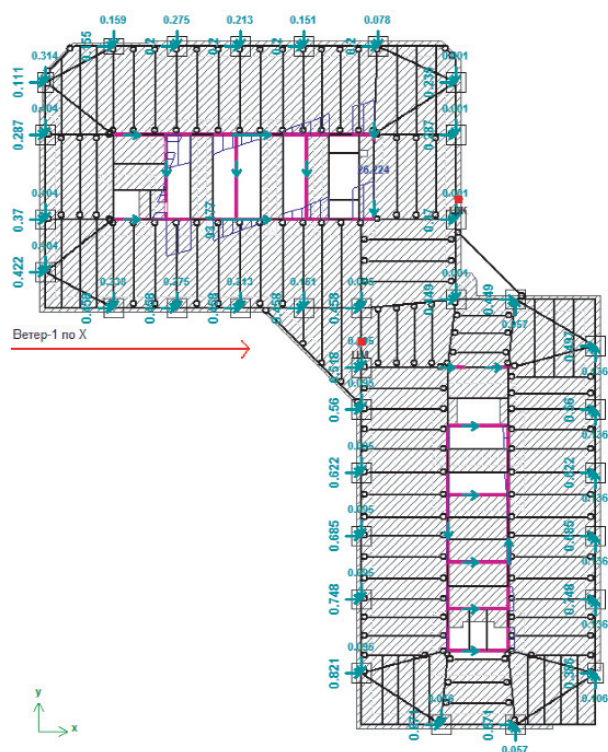
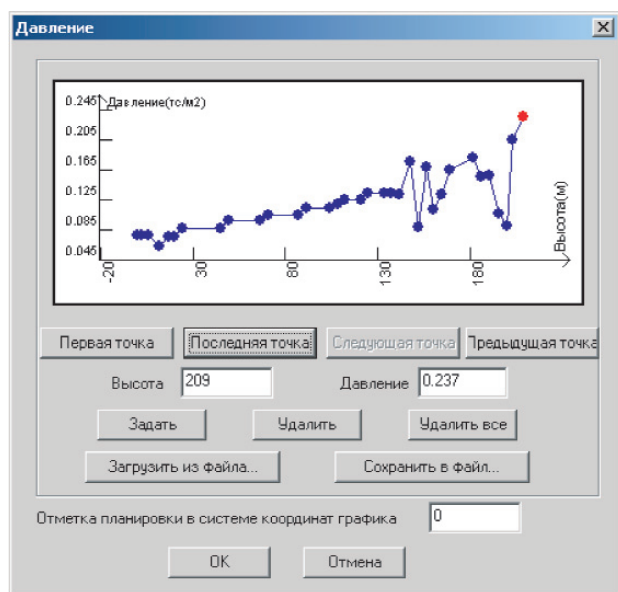


Рис. 4. Учет неравномерного ветрового давления по высоте в ПС "КОМПОНОВКА САПР" и расчетная схема МКЭ в ПК "ЛИРА САПР"

Рисунки к статье В.П. Максименко, Д.А. Городецкого и А.А. Рассказова МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009 стр. 53

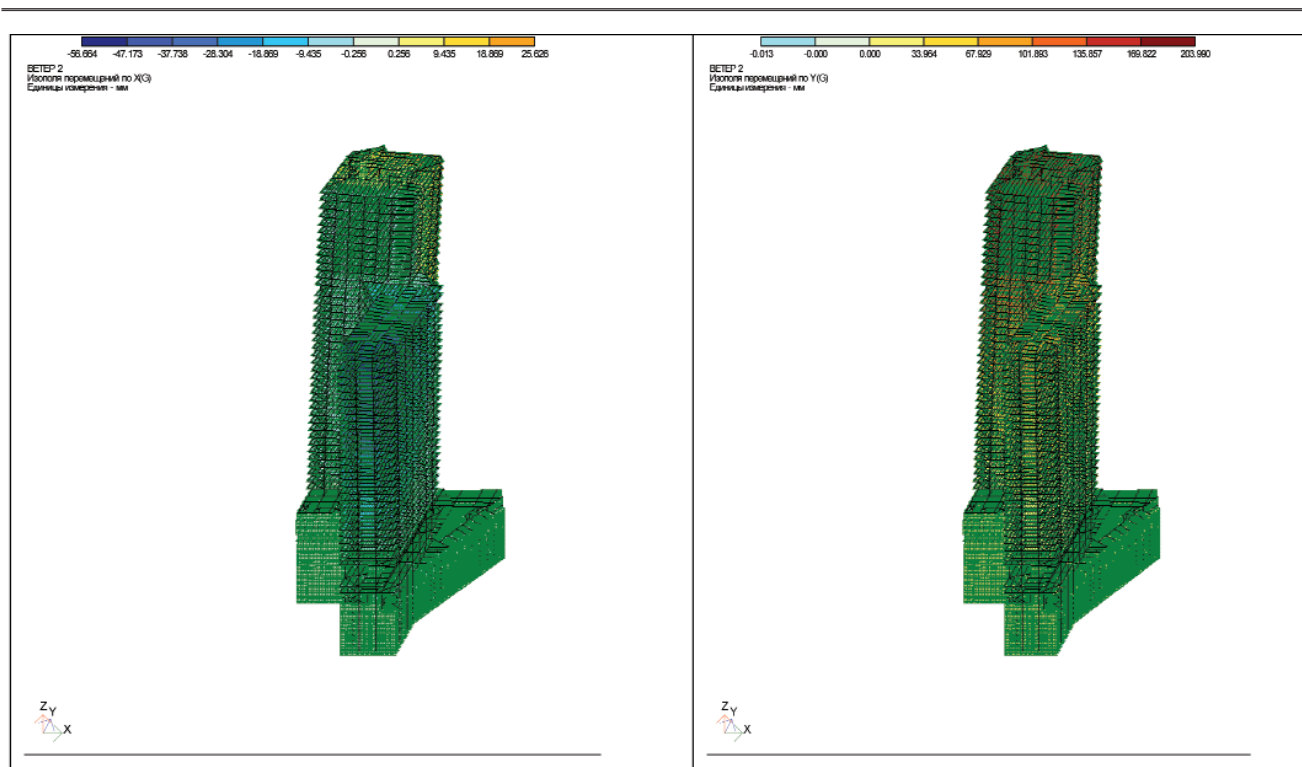


Рис. 5. Изополюс деформаций каркаса при ветровом воздействии по ДБН [2] в ПК "ЛИРА САПР"

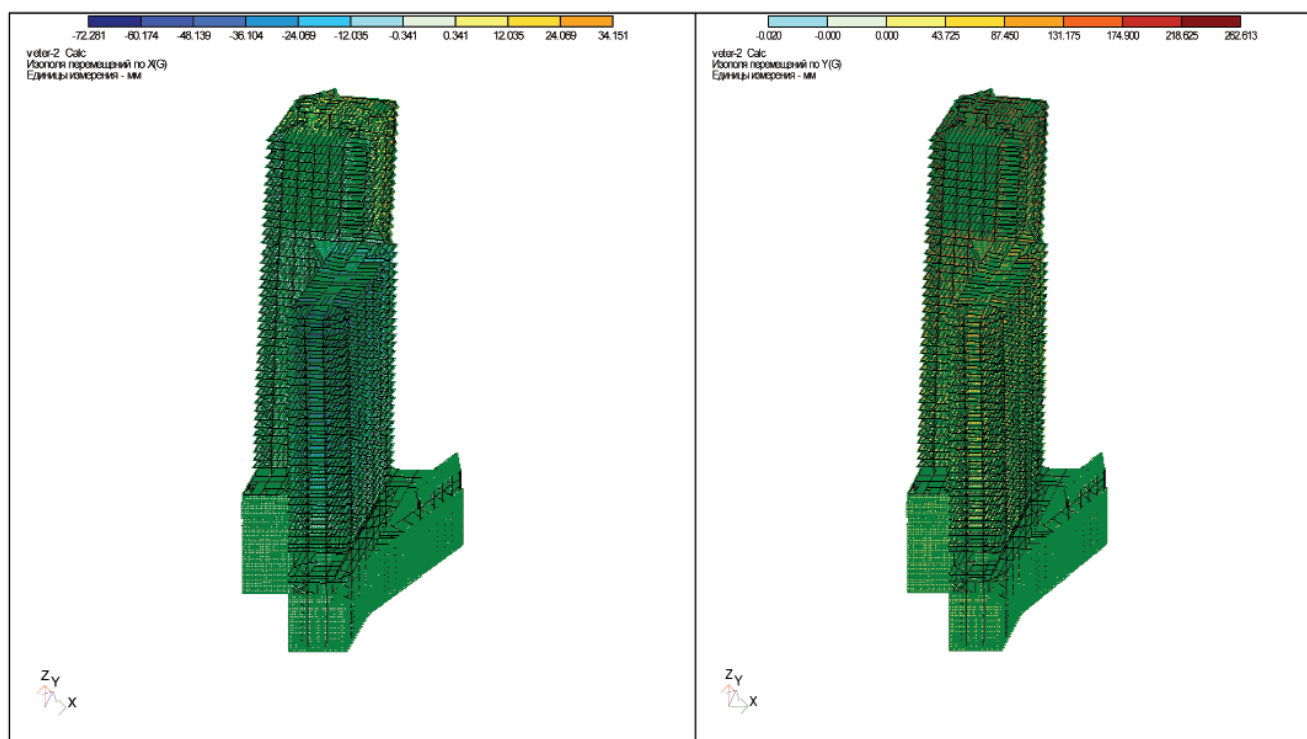


Рис. 6. Изополюс деформаций каркаса при расчете по результатам аэродинамического обдува по ДБН [1] в ПК "ЛИРА САПР"

Рисунки к статье В.П. Максименко, Д.А. Городецкого и А.А. Рассказова МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009 стр. 53

О.С. Городецькому

80



Дорогий Олександр Сергійовичу!

Колектив Науково-дослідного інституту будівельного виробництва від щирого серця вітає Вас із славним ювілеєм — 80-річчям від дня народження.

Розпочавши свій трудовий шлях 1955 року випускником Київського інженерно-будівельного інституту і працюючи в проектних і науково-дослідних інститутах Ви завжди вдало поєднували наукову роботу та інженерну практику.

Набутий Вами науковий досвід та організаторські здібності знайшли втілення при проектуванні найскладніших будівельних об'єктів: великопрогінних покриттів Бориспільського аеровокзалу та інших споруд, конструкцій чаші другого ярусу Республіканського стадіону в Києві, складних конструкцій об'єктів металургійної, хімічної та вугільної промисловості.

Вашу науково-практичну діяльність з розвитку інженерних методів розрахунків конструкцій узагальнено в докторській дисертації. Ви є засновником наукової школи комп'ютерних технологій проектування конструкцій, керівником і безпосереднім учасником створення призначених для цього програмних комплексів "ЛІРА" та "МОНОМАХ", широко відомих як в Україні, так і за її межами.

Розроблені під Вашим керівництвом та безпосередньою участю програмні комплекси сімейства ЛІРА є основним інструментом для розрахунку та проектування унікальних будівельних об'єктів.

Багато сил та енергії Ви, Олександр Сергійовичу, віддаєте громадській роботі як дійсний член Академії будівництва України.

Вашу наукову діяльність відзначено медалями, Державною премією України та Грамотою Прем'єр-міністра України.

У цей знаменний день прийміть, дорогий Олександр Сергійовичу, найщиріші привітання та побажання міцного здоров'я, особистого щастя, благополуччя, подальшої творчої наснаги та плідної діяльності на благо вітчизняної будівельної науки.

За дорученням колективу
директор НДІБВ
28.03.2015

О.М. Галінський

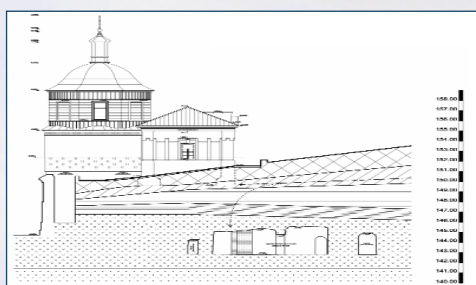
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

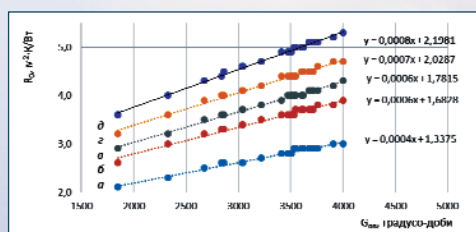


№ 29 ' 15

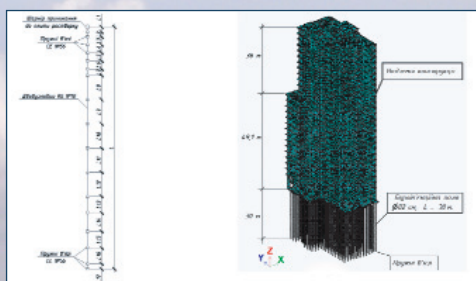
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



**КОМПЛЕКСНЕ РІШЕННЯ ПО ВІДНОВЛЕННЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНОЇ
ЦЕРКВИ РІЗДВА ХРИСТОВА
СВЯТО УСПЕНСЬКОЇ КИЇВО ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ с. 10**



**ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ
ЗОВНІШНІХ СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ РІЗНИХ
РЕГІОНІВ УКРАЇНИ с. 35**



**МОДЕЛЮВАННЯ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ З
ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄМНИХ ФІЗИЧНО-НЕЛІНІЙНИХ
СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТУ с. 44**





Геодезичний моніторинг
деформаційних процесів в
споруджуваних будинках і
спорудах, а також у будівлях, які
знаходяться в безпосередній
близькості до будівельного
майданчика.

т.: (0-44) 248-56-59, ф.: (0-44) 248-88-84
E-mail: deyneka_yulia@ukr.net



**Інститут здійснює геодезичне забезпечення та моніторинг в процесі
будівництва об'єктів різної складності.**

геодезичний МОНІТОРИНГ складних будівельних об'єктів



- 1. Розробка проектів та виконання робіт з моніторингу з вибором конструктивних елементів, що підлягають контролю, обсягів, видів та методики виконання.*
- 2. Розробка та встановлення індивідуального технічного устаткування для геодезичного моніторингу.*
- 3. Геодезичний моніторинг зсувів, просідання та деформацій будівель та споруд, спостереження за небезпечними природними та техногенними процесами.*
- 4. Визначення відхилень від вертикалі за допомогою автоматизованої системи датчиків відхилень від вертикалі.*
- 5. Обробка отриманих даних геодезичного моніторингу, аналіз та надання висновку.*

З М І С Т

Стор.

П.Є. Григоровський, О.О. Терентьев ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ	3
І.Д. Бєлов, М.О. Вабіщевич, О.П. Дєдов КОМПЛЕКСНЕ РІШЕННЯ ПО ВІДНОВЛЕННЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНОЇ ЦЕРКВИ РІЗДВА ХРИСТОВА СЯТО УСПЕНСЬКОЇ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ	10
В.А. Пенчук, В.Н. Гусаков, В.Н. Супонев, С.М. Вивчар, С.П. Балесный ТОЧНОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИЕЙ ПРОКОЛА ГРУНТА	18
М.В. Горбач МЕТОДИКА ФОРМАЛІЗАЦІЇ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНИХ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДИНКУ	23
А.О. Буряк, Д.В. Михайловський ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ LVL-БАЛОК В ПОРІВНЯННІ З БАЛКАМИ ЗІ ЗВИЧАЙНОЇ КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ	29
А.М. Карюк, О.Б. Кошлатий ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЗОВНІШНІХ СТІН ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ РІЗНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ	35
К.К. Мирошниченко СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПОДЛИВКИ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	39
Д.В. Михайловський, Д.Н. Матющенко, А.О. Смоленський МОДЕЛЮВАННЯ ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄМНИХ ФІЗИЧНО-НЕЛІНІЙНИХ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ҐРУНТУ	44
В.П.Максименко, Д.А. Городецкий, А.А. Рассказов МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ГРАНИЧНЫЕ ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБДУВА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ДБН В.2.2-24:2009	53
Е.И. Демченко, И.Е. Мороз, С.К. Бодигин ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ	56

ДП НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА
Науково-технічний журнал
НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ
Випуск № 29

Піписано до друку 03.06.2015. Формат 60х90 1/8. Папір офсетний. Друк офсетний.
Ум.-друк арк. 4,3. Наклад 300 прим. Замовлення 1015. Ціна договірна

ДП Науково-дослідний інститут будівельного виробництва
03680, МСП, Київ, Червонозоряний пр., 51