



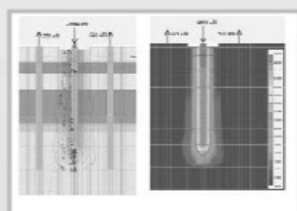
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ 1-2(23-24)12



Контроль якості влаштування дренажних систем
стор. 3



Імітаційне моделювання пальових фундаментів
стор. 68



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

Науково-технічний журнал заснований Академією будівництва України та Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва (НДІБВ) у січні 2001 року.
Видається НДІБВ 2 рази на рік

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

Редакційна колегія:

В.С. Балицький — головний редактор, д.т.н., професор;
О.М.Галінський — заступник головного редактора, к.т.н.;
Д.Ф. Гончаренко, д.т.н., професор;
Г.А. Дмитренко, д.е.н., професор;
В.С. Дорофєєв, д.т.н., професор;
Г.К. Злобін, президент АБУ;
В.П. Адріанов, віце-президент АБУ;
О.І. Менеїлюк, д.т.н., професор;
С.В. Романов, к.т.н.;
Г.М. Семчук, к.т.н., доцент;
С.А. Ушацький, д.е.н., доцент;
В.І. Шацький

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

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

Мова видання: українська і російська.

Журнал рекомендовано до друку Вченою радою інституту 10.10.2012 р., протокол №1.
Адреса редколегії журналу:
03680, Київ, МСП, Червонозоряний проспект, 51.

З М І С Т

	Стор.
<i>О.М. Галінський, О.М. Чернухін, Є.М. Івїнський.</i> Контроль якості влаштування дренажних систем при будівництві НСК “Олімпійський”	3
<i>П.Є. Григоровський, Л.О. Косолап, Н.П. Чуканова.</i> Вплив застосування інтелектуальних систем при технічному обстеженні будівель в умовах невизначеності на збільшення життєвого циклу будівель	8
<i>И.В. Шумаков, В.Н. Секретная.</i> О некоторых методиках оценки качества работ при устройстве полов в складских зданиях	14
<i>П.Є. Григоровський, Л.О. Косолап, Н.П. Чуканова.</i> Вплив моніторингу технічного стану на життєвий цикл будівель	18
<i>Г.Н. Мещеряков.</i> Исследование и моделирование процессов взаимодействия шпунтовых свай, погружаемых вдавливанием	27
<i>М.В. Суханевич.</i> Дослідження фізико-механічних властивостей ін’єкційних розчинів на основі поліізоціанатних композицій та композиційних цементів	34
<i>Ю.Г. Гасан, Д.А. Кириленко.</i> Оцінка водостійкості сухих гіпсовміщуючих модифікованих композиційних сумішей для оздоблення фасадів	38
<i>Л.Г. Кучма.</i> Методы определения эксплуатационной надежности строительных полимерных материалов	41
<i>А.И. Гармаш, А.Н. Костенко.</i> Новая технология укрепления щебеночного балласта железнодорожного полотна	51
<i>В.І. Терновий, І.М. Уманець.</i> Особливості технології влаштування вітчизняної санувальної штукатурки	54
<i>О.М. Галінський, В.О. Іваненко, А.А. Франівський, В.П. Омельчук.</i> Відновлення та розвиток панельного домобудівництва — шлях до масового спорудження доступного та соціального житла в Україні	58
<i>А.А.Франивский, В.П. Максименко, Т.В. Рунова, П.В. Войтенко, О.В. Яцько.</i> Конструкции самонесущих стен многоэтажных зданий из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения	61
<i>Є.А. Загоруйко, С.О. Лозовий.</i> Імітаційне моделювання пальових фундаментів з метою визначення їх деформацій	68
<i>М.Г. Ярмоленко, Ю.І. Бусько, О.В. Федоряка.</i> Лицевальна цегла чи штукатурка	74
<i>Д.О. Хохлін.</i> Стан будівлі при поєднанні сейсмонебезпеки та умов, що можуть призвести до значних нерівномірних деформацій основи	81

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Науково-технічний журнал

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

Випуск № 1-2 (23-24)

Піписано до друку 14.12.2012. Формат 60х90 1/8. Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум.-друк арк. 9,75. Наклад 300 прим. Замовлення 1012/40. Ціна договірна

Науково-дослідний інститут будівельного виробництва

03680, МСП, Київ, Червонозоряний пр., 51

Друкарня «Мастер книг». 03067, Київ, вул. Виборгська, 81

УДК 624.13; 69:658.562; 725

*О.М. Галінський, к.т.н.; О.М. Чернухін, к.т.н.;
Є.М. Івнський, НДІБВ, м. Київ***КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВЛАШТУВАННЯ
ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ПРИ БУДІВНИЦТВІ
НСК "ОЛІМПІЙСЬКИЙ"****АНОТАЦІЯ**

Розглянуто особливості контролю якості влаштування дренажних систем при будівництві НСК "Олімпійський", а також нетипові дефекти, що спричинили порушення роботи дренажної системи. Розглянуто заходи із локалізації та дослідження пошкоджень та дефектів дренажних труб лінійного дренажу VIP-зони та заходи з відновлення його роботи.

Ключові слова: дренаж, пробка, телеінспекція трубопроводів, гідродинамічна прочистка

Гідрогеологічні умови території НСК "Олімпійський" характеризуються наявністю потужного водоносного горизонту, приуроченого до піщаних та супіщаних відкладень різного віку, водотривом для яких служать відкладення київського ярусу - мергелясті глини. Ця територія віднесена до потенційно підтоплюваної.

Сталий рівень підземних вод на ділянці стадіону та території перед ним зафіксований на абсолютних відмітках 121,7-126,9м (глибинах 1,7-7,7м). Дзеркало води має ухил в напрямку річки Либідь, де відбувається розвантаження водоносного горизонту.

На деяких ділянках у шарі насипних ґрунтів виявлено тимчасовий водоносний горизонт типу "верховодка".

Проектом, який було розроблено інститутом "УкрНДІводоканалпроект", передбачено додатковий захист підтрибунних приміщень VIP-зони від впливу ґрунтових вод шляхом влаштування відповідних дренажних систем.

Примітка. Заходами, що забезпечують достатнє зниження рівня ґрунтових вод (РГВ), було передбачено влаштування лінійного дренажу вздовж споруди;

Схеми влаштування лінійного дренажу та виявлення дефектів лінійного дренажу, відведення дренажних вод з території НСК "Олімпійський" наведені на рис. 1, 2. (див. стор. 3. обкладинки).

Відновлення водопропускної здатності лінійного дренажу VIP-зони

Науково-дослідними роботами, проведеними фахівцями НДІБВ, з контролю якості та працездатності дренажних систем було встановлено значне зниження водопропускної здатності лінійного дренажу VIP-зони, причиною якої могла бути затампованість труби між оглядовими колодязями КОЛ-2 та КОЛ-3 лінійного дренажу, що було підтверджено вимірами рівня води в оглядових колодязях (рис. 3) (див. стор. 3. обкладинки).

Результати проведених обмірів та аналіз ситуації, що склалася, дозволили НДІБВ прийняти рішення та підготувати пропозиції про необхідність виконання попередньої електромеханічної прочистки дренажної труби на проблемній ділянці з наступною телеінспекцією трубопроводів лінійного дренажу для визначення місць локалізації дефектів та розробки методів їх усунення.

Ліквідація затампованості дренажної труби проводилась на ділянці довжиною 9,0 м від КОЛ-3 в напрямку КОЛ-2 за допомогою електромеханічної установки Rotenberger R650 (рис. 4) з використанням насадок "Корнеріз" Ø50 мм та "Свердло" Ø22 мм (рис. 5) спеціалізованою організацією ПП "Засор" разом з фахівцями НДІБВ, якими, крім підбору обладнання для роботи в



Рис. 4. Електромеханічна установка для прочистки внутрішніх труб з твердими засміченнями



Насадка типу "Корнеріз"



Насадка типу "Свердло"

Рис. 5. Спеціалізовані насадки для прочистки внутрішніх труб з твердими засміченнями

стиснених умовах, були виконані й деякі підготовчі роботи, а саме: забезпечення камер, де розташовані оглядові колодязі, освітленням та електроживленням, а також організація відкачування води з КОЛ-2 і КОЛ-3 та забезпечення подальшого водовідведення під час проведення робіт.

Підпір води на момент проведення робіт в КОЛ-3 становив 0,48 м, в КОЛ-2 — 0,98 м, що значно ускладнило проведення робіт.

За допомогою насадки "Корнеріз" $\varnothing 50$ мм було прочищено 25м труби, видалено засмічення з мулу, а насадкою "Свердло" $\varnothing 22$ мм було пройдено 31м, що дозволило утворити на ділянці затампованості отвір діаметром не менше 22мм.

Даний вид робіт дозволив відібрати зразок матеріалу пробки та створити умови для проведення телеінспекції, а також встановити, що затампованість має несучільний характер та містить порожнини. Також під час проведення робіт з'ясувалося, що водоскидний трубопровід від лінійного дренажу не працює через утворення пробки з твердих відкладень ще й у водоскидній трубі в районі КОП-4.



Рис. 6. Зразок матеріалу пробки

Аналіз зразка матеріалу, який було відібрано з пробки (рис. 6), показав, що це пінополіуретан - матеріал, яким герметизували проблемні місця при влаштуванні гідроізоляції шляхом нагнітання його під тиском через попередньо влаштовані отвори в стінах та підлозі. Ймовірно один з таких отворів було пробурено в місці проходження дренажної труби, що і спричинило вищезгадані проблеми.

Після встановлення попередньої причини виникнення дефекту та його характеру була проведена телеінспекція ділянок лінійного дренажу VIP-зони обладнанням для фіксації відеозображення під водою за відсутності світла RidgidSeeSnake виробництва США (рис.7) за допомогою відеокамери діаметром 35мм з центруючою насадкою.

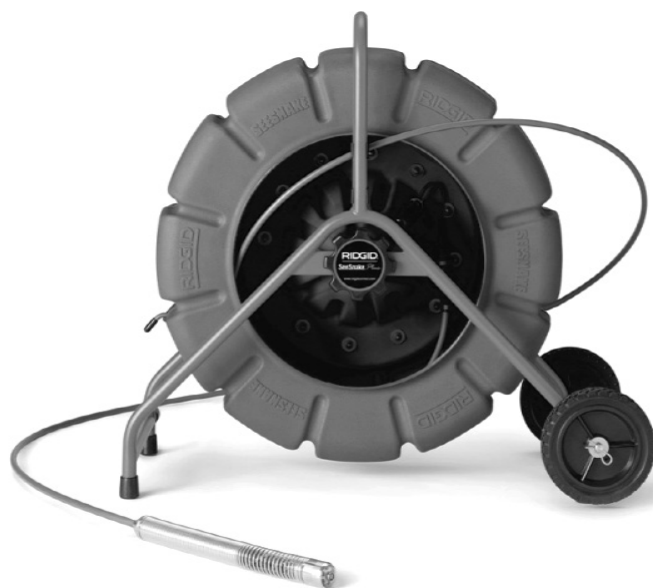


Рис. 7. Обладнання для телеінспекції трубопроводів RidgidSeeSnake



Рис. 8. Піщаний затор на відстані 2м від КОП-4а: 1 – пісок; 2 – вода; 3 – низ труби

Проведення телеінспекційного обстеження ділянок лінійного дренажу від колодязя №4-А до колодязя №4 та від колодязя №3 до колодязя №2 загальною довжиною трубопроводу 128м дозволило встановити наступні дефекти(див рис. 1, 2):

— починаючи від КОП-4а у бік КОП-4 ділянка трубопроводу протяжністю 20 м заповнена піском

та муловими відкладеннями з різним ступенем заповнення внутрішнього діаметра труби (від 30%). На відстані 2 м від КОП-4а виявлено піщаний затор, що перекривав до 90% діаметра труби (рис. 8);

— виявлено напірну фільтрацію ґрунтової води у дренаж на відстані 22м від КОЛ-3 у бік КОЛ-2 при безнапірному водоносному горизонті (рис. 9);



Рис. 9. Напірна фільтрація ґрунтової води у дренаж:
1 – струмені води; 2 – дренажні отвори; 3 – низ труби; 4 – пісок



Рис. 10. Зминання труби $\varnothing 160$ мм, що проходить у футлярі: 1 – труба; 2 – пробка

— виявлено зминання труби, що проходить у футлярі, на $3/4$ діаметра на відстані 23м від КОЛ-3 до КОЛ-2 (рис.10);

— виявлено пробку з пінополіуретану на відстані 23,5м від КОЛ-3 до КОЛ-2. Матеріал не має адгезії до стінок труби, проте повністю перекривав рух зібраних ґрунтових вод (рис.11).

Вищезазначені дефекти, деформації та пошкодження перешкоджали транспортуванню зібраних ґрунтових вод до водовідвідного трубопроводу і далі у Прозорівський колектор зливових вод. Це

призводило до порушення нормальної роботи лінійного дренажу VIP-зони.

Для відновлення пропускної здатності дрен та запобігання їх подальшому замуленню НДІБВ було запропоновано провести прочистку дрен гідродинамічним способом, який був погоджений із спеціалізованою організацією ТОВ "Крона-тепло-сервис".

Для прочистки використовувався гідромонітор на базі вантажного автомобіля "МАЗ" з максимальним робочим тиском 600 Атм (рис.12).

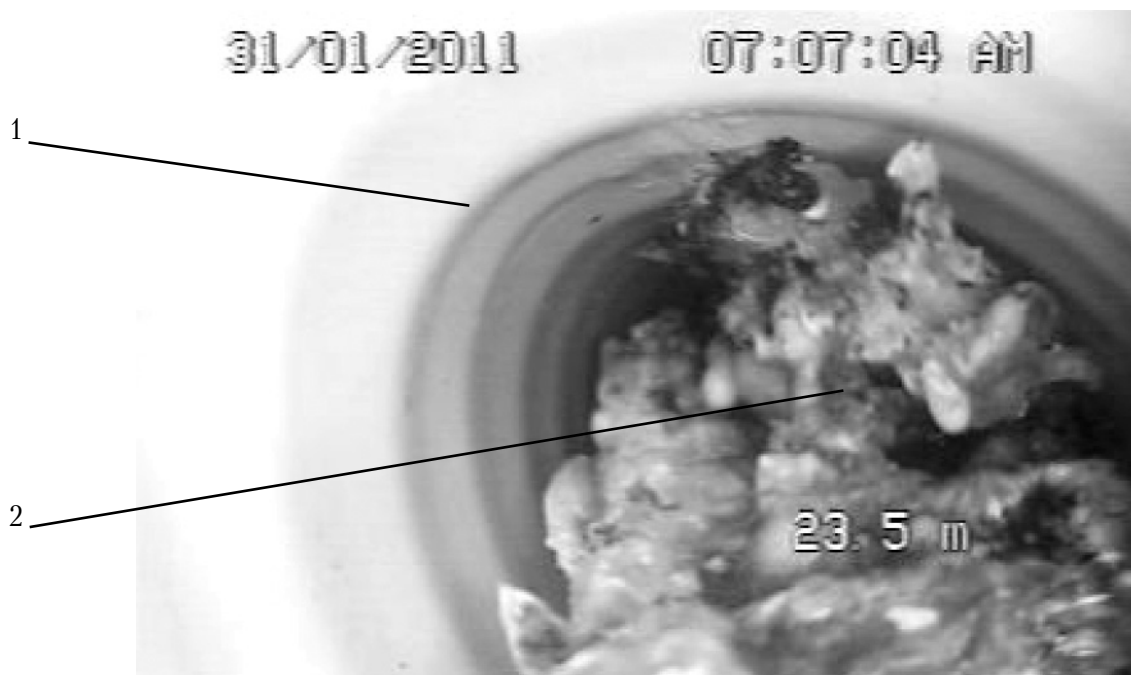


Рис. 11. Пробка на відмітці 23,5 м від КОЛ-3 до КОЛ-2: 1-труба; 2-пробка



Рис. 12. Гідромонітор на базі вантажного автомобіля "МАЗ": 1-установка гідромонітора



Рис. 13 Робоча насадка для руйнування пробки

Також була розроблена та виготовлена спеціальна робоча насадка (рис.13), що забезпечувала максимальний поступовий рух для ефективного руйнування пробки.

У результаті прочистки з водовідвідного трубопроводу $\varnothing 200\text{мм}$ на ділянці КОП-4 – КОП -4а було видалено $0,24\text{ м}^3$ вологого піщаного ґрунту, що дозволило повністю відкрити робочий переріз труб.

Вдалося частково видалити пробку з ділянки КОЛ-2 – КОЛ-3. Пропускна здатність дрен на цій ділянці була значно підвищена, проте, на жаль, не повністю відновлена, що показали наступні режимні спостереження за рівнями ґрунтових вод в оглядових колодязях та дренах лінійного дренажу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клиорина Г.И. "Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территории застройки" – С.-П., АСВ, 2000.
2. ДБН В.2.4-1-99 "Меліоративні системи та споруди". – К., Держбуд України, 2000.
3. ДБН В.1.1-25-2009 "Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення" – К., Мінрегіонбуд України, 2010.
4. ДБН В.2.1-10-2009 "Основи фундаментів будівель та споруд" – К.,НДІБК, 2009.

5. "Рекомендации по проектированию и строительству дренажных систем из полиэтиленовых труб "Перфокор" с двухслойной профилированной стенкой" – М., СоюздорНИИ, 2010.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности контроля качества устройства дренажных систем при строительстве НСК "Олимпийский", а также нетипичные дефекты, которые привели к нарушению работы дренажной системы. Рассмотрены мероприятия по локализации и исследованию повреждений и дефектов дренажных труб линейного дренажа VIP-зоны и мероприятия по восстановлению его работы.

Ключевые слова: дренаж, пробка, телеинспекция трубопроводов, гидродинамическая прочистка

ANNOTATION

The features of quality control arrangement of drainage systems during construction of NSK "Olympic" and atypical defects that caused disruption of the drainage system. The measures of localization and studies damages and defects to drainage pipes of VIP-zone's linear drainage and measures to resumption of it functioning.

Key words: Drainage, congestion, CCTV inspection of pipelines, hydrodynamic procleaning.

УДК 69.059;69:002;725;728

*П.Є. Григоровський, к.т.н.; Л.О. Косолап;
Н.П. Чуканова, НДІБВ, м. Київ*

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСТЕЖЕННІ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ЗБІЛЬШЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

В статті зроблено аналіз можливості визначення технічного стану будівельних конструкцій в реальних умовах невизначеності. Розглянуті деякі моделі діагностування технічного стану будівлі. Визначено суть методу з використанням формули Байєса та експертно-статистичний метод оцінювання параметрів будівель. Розглянуто можливість застосування нечіткої логіки для діагностування будівель. Визначена структурна модель ідентифікації дефектів та пошкоджень. Наведено блок-схему нечіткого висновку за результатами обстеження. В статті зроблено висновок, що застосування експертних систем сприяє оптимізації тривалості життєвого циклу будівель та дозволяє приймати економічно та технічно обґрунтовані рішення з їх реконструкції чи ліквідації.

Ключові слова: довготривала експлуатація, невизначеність, моделі діагностування, імовірнісні методи, формула Байєса, експертно-статистичний метод, нечітка логіка, структурна модель, система нечіткого висновку, експертні системи.

1. Постановка задачі

Дефекти і пошкодження елементів будівель, споруд та інженерних мереж виявляють при їх технічному обстеженні. Для збільшення життєвого циклу будівель важливе значення має правильне визначення причин виникнення дефектів і пошкоджень та прогноз впливу цих причин на технічний стан будівель.

Будівельні елементи відрізняються різним ступенем складності і категорією технічного стану, а також значною кількістю чинників, що призводять до їх пошкоджень [2]. Тому однозначна ідентифікація зв'язку між видом пошкоджень та причинами їх появи досить багатofакторне завдання. В деяких випадках така ідентифікація неможлива [1].

Забезпечення довготривалої експлуатації будівель потребує комплексного контролю їх експлуатаційних характеристик, накопичення даних про дефекти і пошкодження, виконання аналізу причин їх виникнення та розробки пропозицій щодо запобігання їх подальшому розвитку. Ця робота вимагає залучення висококваліфікованих фахівців з обстеження будівель, розробки методів і засобів діагностування пошкоджень та прогнозування їх розвитку. На жаль, ситуація з управлінням будівлями та їх мережами характеризується високим рівнем невизначеності за причин:

- децентралізації управління станом будинків;
- нестабільністю фінансування ремонтів та реконструкції;
- зменшення рівня компетентності обслуговуючого персоналу.

Перспективним напрямком збільшення життєвого циклу будівель і споруд в умовах невизначеності є розвиток методології отримання об'єктивної інформації щодо їх технічного стану з використанням інтелектуальних систем. Такі системи дозволяють в режимі реального часу здійснювати аналіз технічного стану будівлі, прогнозувати можливий розвиток дефектів, пропонувати рекомендації з вибору профілактичних заходів, проводити оперативне коригування існуючих планів відновлювальних заходів чи рекомендувати ліквідацію будівлі у разі, якщо вартість відновлювальних заходів перевищує вартість ліквідації та нового будівництва [3]. При цьому підвищується обґрунтованість прийнятих рішень щодо забезпечення експлуатаційних характеристик будівель та інженерних мереж.

Зробимо аналіз можливості визначення технічного стану будівельних конструкцій в реальних умовах невизначеності, коли дефекти, їх причини та розвиток пошкоджень не мають чіткого однозначного зв'язку.

2. Моделі діагностування елементів будівель в умовах невизначеності

У нашому випадку відмовою конструкції або будівлі в цілому умовно вважаємо виникнення дефектів та пошкоджень, що погіршують категорію їх технічного стану.

В [3] для вирішення завдань підвищення ефективності функціонування будівель за рахунок зменшення кількості відмов в умовах невизначеності пропонуються моделі діагностування відмов

будівельних конструкцій і споруд та вибір стратегії їх відновлення.

Якщо є вектор (множина) діагностичних ознак та множина потенційно можливих станів об'єкта, що діагностується D^* , то для розв'язання задачі технічної діагностики (побудови діагностичної моделі R) необхідно встановити залежність, що визначає правило (p) відображення діагностичних ознак в множині можливих станів D^* .

$$R: \bar{X} \xrightarrow{p} D^*; \quad (1)$$

$$\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N); \quad (2)$$

$$D^* = \{D_1^*, D_2^*, \dots, D_l^*, \dots, D_L^*\}. \quad (3)$$

Основою технічної діагностики є бібліотека діагностичних моделей у відповідності з (1). При експлуатації об'єкта ведеться контроль за його станом і у відповідності з діагностичними бібліотеками ідентифікується дефект та прогнозується його розвиток і вибирається оптимальна стратегія відновлення з корекцією планової стратегії. Діагностичні моделі об'єкта визначаються його конструктивними і функціональними особливостями, характером прояву порушень нормального функціонування, появою різного типу відмов.

Діагностичні моделі можуть бути у вигляді таблиці несправностей, чітких або нечітких лінгвістичних моделей, нечітких нейронних мереж.

У першому варіанті найбільш зручна підготовка даних у вигляді таблиці, де рядки містять інформацію про можливі дефекти, а в стовпцях розміщена інформація про діагностичні ознаки, що відповідають відмовам об'єкта. Інформація в таблицях дозволяє ідентифікувати типи відмов за наявності певних ознак.

Другий тип моделі — це чіткі діагностичні моделі, що базуються на чітких лінгвістичних правилах. Ці правила описують характер прояву діагностичних ознак при тому або іншому порушенні нормальної експлуатації чи відмови. Звичайне правило для цієї моделі: якщо $\bar{X}_n = a_n$, то $D_n^* = b_n$.

Третій тип моделі базується на опитуванні групи експертів, за результатами яких складаються діагностичні правила, що формують причинно-наслідковий зв'язок між ознакою дефекту і висновками щодо технічного стану будівлі. Правила об'єднуються в групи і заносяться у базу даних експертної системи.

Четвертий тип моделі базується на достатній кількості статистичної інформації про дефекти. У

такому разі може бути використана модель нечіткої нейронної мережі з автоматичною оптимізацією.

Всі ці діагностичні моделі можуть бути використані для формування бази знань і діагностування будівельних конструкцій. Ці моделі можуть вирішувати вибір стратегії відновлення, яка враховуватиме інформацію про дефекти різної природи, а також неточність ідентифікації дефектів і імовірнісну природу виникнення дефектів об'єкта.

В [4 – 11] для визначення технічного стану будівель, споруд та їх елементів розглядається використання імовірнісних методів розпізнавання. Якщо елемент будівлі або сама будівля знаходиться в одному з випадкових станів з декількох, що попередньо визначені, та визначена сукупність ознак, кожна з яких з певною вірогідністю характеризує стан елемента будівлі чи самої будівлі, то розпізнавання стану може бути виконано статистичними методами. При цьому потрібно сформулювати правило, за допомогою якого сукупність ознак була б віднесена до одного з можливих станів. Також важливо оцінити достовірність прийнятого рішення, а також міру ризику помилкового рішення.

Одним з основних статистичних методів є метод, заснований на формулі Байєса.

Суть методу полягає в тому, що, якщо є стан S_i і ознака k_j , що зустрічається в цьому стані, то відповідно до понять теорії вірогідності вірогідність стану S_i після того, як стала відома наявність у даного об'єкта ознаки k_j (апостеріорна вірогідність стану) визначається з формули Байєса

$$P(S_i / k_j) = P(S_i) \frac{P(k_j / S_i)}{P(k_j)}, \quad (4)$$

де $P(S_i)$ — вірогідність стану S_i , що визначається за статистичними даними (апостеріорна вірогідність стану). Якщо до моменту діагностування заздалегідь обстежено N об'єктів і близько N_i об'єктів знаходиться в стані S_i , то ;

$$P(S_i) = \frac{N_i}{N};$$

$P(k_j / S_i)$ — вірогідність появи ознаки k_j у об'єктів із станом S_i . Якщо серед N_i об'єктів, що мають стан S_i , у частини об'єктів N_{ij} з'явилась ознака k_j , то ;

$$P(k_j / S_i) = \frac{N_{ij}}{N_i};$$

$P(k_j)$ — вірогідність появи ознаки k_j у всіх об'єктів незалежно від стану об'єкта. Якщо із загального числа N об'єктів ознака k_j була виявлена у N_j об'єктів, то

$$P(k_j) = \frac{N_j}{N}.$$

При визначенні $P(S_j)$ передбачається, що система знаходиться тільки в одному з станів, які розглядаються. У такому разі слід мати на увазі, що

$$\sum_{i=1}^n P(S_i) = 1.$$

Для практичних завдань діагностування стану будівель завжди проводиться за комплексом ознак K_j , що включає множину ознак $k_1, k_2, \dots, k_i$. У кожній з них може бути m розрядів з конкретними чисельними значеннями $(k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jm})$. У результаті обстеження встановлюється наявність у конструктивного елемента будівлі тієї або іншої ознаки з відповідним розрядом, тобто реалізація у системи цієї ознаки k_j^* стає відомою і вважається відомою реалізація усього комплексу ознак K^* . Індекс $*$ має значення конкретної реалізації ознаки.

Для визначення вірогідності станів за методом Байєса складається так звана діагностична матриця. Ця матриця формується у вигляді таблиці вірогідності ознак і їх розрядів при різних діагнозах. Таким чином, таблиця будується на основі попереднього статистичного матеріалу, тобто в неї включена апіорна вірогідність станів і ознак. Після проведення серії розрахунків одержують ряд апостеріорної вірогідності кожного стану, який діагностується, або по всій сукупності ознак і їх розрядів, або по частині з них. Правило, відповідно до якого приймається рішення про конкретний діагноз, полягає в тому, що об'єкт з комплексом ознак K^* відноситься до стану S_j , якщо апостеріорна вірогідність цього стану S_j є найбільшою, тобто

$$K^* \in S_{ij}, \text{ якщо}$$

$$P(S_i / K^*) > P(S_j / K^*) \quad (j = 1, 2, \dots, n; i \neq j). \quad (5)$$

В [12] розглянуто експертно-статистичний метод оцінювання параметрів впливу на технічний стан інженерних мереж в умовах невизначеності. Метод може бути застосований і до оцінювання стану будівель.

Для забезпечення надійності і довговічності інженерних мереж потрібно здійснювати їх

профілактичне обслуговування, капітальні та поточні ремонти, модернізацію, реконструкцію. Найважливішим показником цих заходів є їх періодичність, що розглядається як детермінована величина, а самі мережі оцінюються експертними системами [13].

Якщо результативність функціонування мереж (будинків) описується показником π , який може бути виражений в термінах економіки, технології або надійності і залежить від інтервалу часу $\tau_{\theta\delta}$ до чергової відновлювальної дії та умовою ω невизначеності $\tau_{\theta\delta}$, то

$$\pi = G(\tau_{\theta\delta}, \omega), \quad (6)$$

де $\tau_{\theta\delta}$ — нечітка змінна.

Для розв'язання задачі визначення інтервалу $\tau_{\theta\delta}$, що характеризує надійність мережі, на першому етапі формується "чіткий" підхід до описання показників надійності і формуються відповідні аналітичні залежності, в яких $\tau_{\theta\delta}$ виступають як аргументи. На другому етапі в одержаних моделях міняють значення чітких інтервалів на нечіткі $\tau_{\sim\theta\delta}$ і виконуються відповідні розрахунки показників надійності за правилами нечіткої логіки [14, 15].

Це дозволяє об'єднувати як накопичені дані про властивості об'єкта, так і експертні висновки. Результати, одержані цим методом з допомогою нечіткої логіки, дозволяють підвищити обґрунтованість рішень щодо забезпечення функціонування інженерних мереж та безаварійної експлуатації будівель.

В [16] розглядається використання експертної інформації про технічний стан будівель і споруд, що базуються на апараті нечіткої логіки [14, 15]. В статті розглядаються причини появи не тільки поточних, але і прогностичних дефектів на основі експертної апіорної інформації. При такому підході можуть бути скорочені витрати на обстеження будівель і споруд шляхом виключення заходів, не пов'язаних з причинами появи дефектів будівельних конструкцій.

В ході обстеження будівель і споруд фіксуються дефекти будівельних конструкцій, а також параметри стану конструкцій, які можуть виступати в якості передумов появи відповідних дефектів. Передбачається, що між фактом появи конкретного дефекту будівельної конструкції і передумовами до нього існує деякий взаємозв'язок. Характер вказаного зв'язку визначають експерти на основі

наявного досвіду і знань, причому свою думку вони висловлюють у термінах природної мови.

На основі отриманих висновків експертів будується математична модель, яка дозволяє визначати причинно-наслідкові зв'язки між дефектами будівельних конструкцій і чинниками, що впливають на ці дефекти. Результати такого моделювання можуть бути застосовні для прийняття рішень з управління технічним станом обстежуваних будівель і споруд. Математичну модель, що визначає взаємозв'язки між передумовами і причинами появи тих чи інших дефектів, можна представити схемою (рисунок 1).

$$[X] = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$

— матриця (множина) передумов появи дефектів та пошкоджень будівельних елементів; n — загальна кількість передумов;

$$[D] = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \dots \\ d_m \end{bmatrix}$$

— матриця (множина) висновків із причин виникнення дефектів та пошкоджень будівельних елементів; m — загальна кількість експертних висновків;

$$[R] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1i} \\ r_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{j1} & \dots & \dots & r_{ji} \end{bmatrix}$$

— матриця нечітких відносин між елементами множин X та D .

Відношення множин X та D можна представити як

$$D = X * R, \quad (7)$$

де символом $*$ позначено правило композиції нечіткого висновку [17, 18].

Входи X моделі та її виходи D розглядаються як лінгвістичні змінні, що оцінюються нечіткими терм-множинами (множинами допустимих значень лінгвістичної змінної) з відповідними функціями належності.

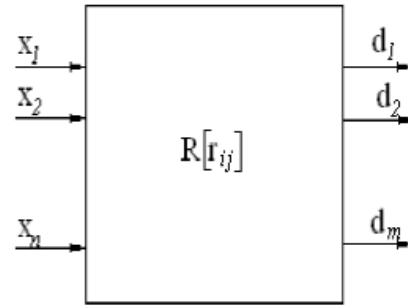


Рис. 1. Структурна модель ідентифікації дефектів та пошкоджень будівельних елементів

Система нечіткого висновку за результатами обстеження будівельного елемента може бути представлена у вигляді блок-схеми, що зображена на рисунку 2.

В цій структурі "фазифікатор" — це блок перетворення вектора X чітких значень параметрів стану конструкції у вектор $\tilde{X}$ значень функцій належності ознак передумов дефектів та пошкоджень будівельного елемента, при цьому використовуються функції належності нечітких термів, що описують X . "Нечітка база знань" — це сукупність експертних процедур імплікації (операцій логіки "якщо..., то"), які призводять до отримання нечіткої множини вихідних змінних моделі. "Дефазифікатор" перетворює нечітке представлення вихідних параметрів моделі $\tilde{D}$ в чітке значення D .

Використовуючи апарат нечіткої логіки, можна побудувати модель ідентифікації причин виникнення дефектів будівельних конструкцій різного типу. Одним з основних елементів моделі є база нечітких знань для певних типів дефектів конструкцій будівель і споруд, при формуванні якої використовуються знання і досвід фахівців-експертів. Ця модель дозволяє здійснити прогнозування появи пошкоджень будівель і споруд з тих або інших можливих причин. Отримувані прогнози дозволяють скоротити витрати на обстеження будівельних об'єктів та їх подальшу експлуатацію у зв'язку із своєчасним попередженням можливих руйнувань.

У наведених методах не повністю враховується невизначеність фактичних даних про будівельні елементи, яка обумовлена різною їх конструктивною складністю і категорією технічного стану, а також значною кількістю чинників, що призводять до пошкоджень. Зменшенню такої невизначеності сприятиме використання знань і досвіду фахівців-експертів у сукупності з результатами інструментального і візуального контролю.

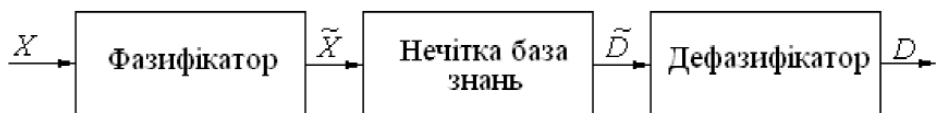


Рис. 2. Структура системи нечіткого висновку за результатами обстеження будівельного елемента

У [19, 20] наведено приклад нечіткої моделі, що дозволяє визначити причину появи тріщини цегляної конструкції на етапі візуального обстеження будівлі. Виходячи з того, що причини появи тріщин у цегляних конструкціях можна визначити, як статичне перевантаження; динамічне перевантаження; особливе перевантаження; дефекти фундаментів та деформація основи; температурні деформації; порушення технології будівельних робіт або неврахування властивостей матеріалів, будується математична модель у вигляді залежностей параметрів стану конструкцій від причин виникнення дефектів. Ієрархічний зв'язок між параметрами стану та причиною виникнення тріщини задається у вигляді нечітких баз знань.

3. Висновки

Застосування нечітких баз знань дозволяє побудувати адекватні математичні моделі на основі досвіду експертів-діагностів та експериментальних даних. Одним із обмежень застосування інформаційних технологій для створення діагностичних моделей у будівництві є високі вимоги до обсягу статистичних даних. Застосування нечітких експертних баз знань дозволяє значно скоротити обсяг навчальної вибірки, яка формується за достовірними результатами діагностики об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Обследование и испытание зданий и сооружений. Поверочные расчеты: Метод. указания / Сост. В. А. Соколов, Л.Н. Синяків, Д.А. Страхов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. — 68 стр.
2. Ройтман А.Г. Надійність конструкцій експлуатованих будівель. М.:Стройиздат, 1985. 175 стр.
3. Галина Кулик. О построении диагностических моделей строительных конструкций: Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры.
4. Соколов В.А. Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания. Электронный журнал. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2010-08-05.

стных методов распознавания. Электронный журнал. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2010-08-05.

5. Соколов В.А. Оценка технического состояния элементов строительных систем с использованием вероятностных методов распознавания // Дефекты зданий и сооружений: материалы XIV научно-методической конференции №14. СПб.: Изд-во ВИТИ, 2010. — С. 54-63.

6. Соколов В.А. Вероятностный метод оценки технического состояния конструкций железобетонного монолитного перекрытия зданий старой городской застройки // Инженерно-строительный журнал, 2010, №4. С. 49-58.

7. Соколов В.А. Вероятностный анализ технического состояния конструкций зданий старой городской застройки // Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс: Сборник трудов Международного симпозиума №14, часть 1. Одесса: Внешрекламсервис, 2010. С. 242-250.

8. Соколов В.А. Многоуровневый вероятностный анализ технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений // Дефекты зданий и сооружений: материалы XV научно-методической конференции №15. СПб.: Изд-во ВИТИ, 2011. — С. 54-63.

9. Соколов В.А. Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания // Сборник научных трудов IV Международной конференции "Предотвращение аварий зданий и сооружений". — Выпуск 9. М.: 2010.

10. Соколов В. А. Вероятностный анализ технического состояния (ВАТС) элементов строительных систем // Материалы XIV научно-методической конференции ВИТУ "Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций СПб.: Изд-во ВИТУ, 2010.

11. Соколов В. А. Построение решения для оценки технического состояния конструктивных систем зданий и сооружений с использованием веро-

ятностных методов распознавания // *Инженерно-строительный журнал*, 2010, №6. — С. 48-57.

12. Солдатенков Т.Н. Экспертно-статистический метод оценивания параметров управляющих воздействий на инженерные сети зданий в условиях неопределенности // *Инженерно-строительный журнал*, 2011, №5. — С. 60-66.

13. Рогонский В.А. Эксплуатационная надежность зданий и сооружений / В.А. Рогонский, А.И. Костриц, В.Ф. Шеряков и др. — СПб.: ОАО Издательство "Стройиздат СПб", 2004. — 272 стр.

14. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. — 167 с.

15. Борисов А.Н., Крумберг О.Ф., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. — 184 с.

16. Солдатенков Т.Н. Модель идентификации и прогноза дефектов строительной конструкции на основе результатов ее обследования. *Magazine of Civil Engineering*, 2011, №7.

17. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иван и др.: под ред. Т. Тэрano, К. Асаи, М. Сугэно.: Мир, 1993. — 368 с.

18. Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных объектов нечеткими базами знаний // *Кибернетика и системный анализ*, 1998, №6. — С. 53-61.

19. Панкевич О. Д. Діагностування тріщин будівельних конструкцій за допомогою нечітких баз знань: моног. / О.Д. Панкевич, С.Д. Штовба. — Вінниця: УНІВЕРСУМ -Вінниця, 2005. — 108 с.

20. Панкевич О. Д, Штовба С. Д. Застосування нечітких моделей для діагностики будівельних конструкцій. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2011, №4

АННОТАЦИЯ

В статье сделан анализ возможности определения технического состояния строительных конструкций в реальных условиях неопределенности.

Рассмотрены некоторые модели диагностирования технического состояния здания. Определена суть метода с использованием формулы Байеса и экспертно-статистический метод оценивания параметров зданий. Рассмотрена возможность применения нечеткой логики для диагностики зданий. Определена структурная модель идентификации дефектов и повреждений. Приведена блок-схема нечеткого вывода по результатам обследования. В статье сделан вывод, что применение экспертных систем способствует оптимизации продолжительности жизненного цикла строений и позволяет принимать экономически и технически обоснованные решения по их реконструкции или ликвидации.

Ключевые слова: длительная эксплуатация, неопределенность, модели диагностирования, вероятностные методы, формула Байеса, экспертно-статистический метод, нечеткая логика, структурная модель, система нечеткого вывода, экспертные системы.

ANNOTATION

The article is the analysis of the possibility of determining the technical state of building structures in the real world of uncertainty. Considered models diagnosing the technical condition of the building. Essence of the method using Bayesian formula and expert-statistical method of parameter estimation buildings. The possibility of application of fuzzy logic for building diagnostics. The structural model for identification of defects and damage. An flowchart fuzzy conclusion of the test. The article concludes that the use of expert systems helps optimize the duration of the life cycle of buildings and allows you to take an economically and technically sound solutions for their rehabilitation or liquidation.

Keywords: Long-term exploitation, uncertainty, model diagnostics likelihood methods, Bayesian formula, expert statistical method, fuzzy logic, structural model, fuzzy system concluded expert systems.

УДК 69.059

*И.В. Шумаков, к.т.н., доцент ХНУСиА;
В.Н. Секретная, "АВЭК и Ко", г. Харьков*

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДИКАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОЛОВ В СКЛАДСКИХ ЗДАНИЯХ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы контроля качества показателей ровности пола по различным методикам на соответствие его определённой нормативной категории.

Ключевые слова: полы, горизонтальность, контроль качества, методы измерений.

Готовый пол в складском помещении должен удовлетворять нескольким важным требованиям — беспыльность, отсутствие трещин, ровность. При приемке конструкций полов проверка состояния пола на отсутствие трещин и беспыльности осуществляется визуально, для этого не требуется использование специальных приборов и методик. Сложнее оценить ровность пола.

За рубежом бетонные полы с высокими показателями ровности (так называемые "сверхплоские") устраиваются на протяжении нескольких десятилетий. В России, Беларуси и Украине их начали укладывать совсем недавно. Процесс создания в странах СНГ такого вида полов, к сожалению, сопровождается отсутствием четкой нормативной базы, технологического и измерительного оборудования, опыта работы в этой области, что приводит к значительным трудностям [1].

Современный склад — ключевое звено в сложной логистической цепочке. Производительность склада напрямую зависит от применяемых в нём погрузчиков. Выпускаемые в настоящее время погрузчики — сложная техника с компьютерным управлением, скоростью передвижения по складу до 12 км/ч, грузоподъемностью до 2 т и высотой подъёма груза до 16 м. Для бесперебойной, долговечной и безаварийной работы данной техники её производители предъявляют жёсткие требования к ровности полов. Даже небольшая неровность пола, наличие уклона или волнистости (рисунок 1) приводит к значительному горизонтальному и вертикальному отклонению груза на высоте.

Например, при движении погрузчика с подня-

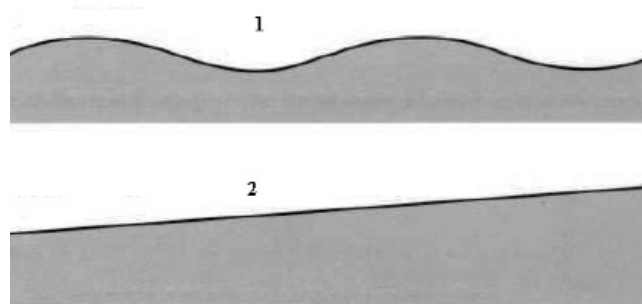


Рис. 1. — Виды дефектов ровности бетонной плиты пола 1 — неровность пола в виде волнистости; 2 — неправильный уклон пола

тым на высоту 10 м грузом неровность пола в 3 мм приводит к отклонению груза от вертикали на величину 25 мм. При этом возникает также опасное раскачивание, при котором груз может упасть (рисунок 2). Численные значения отклонения от вертикали мачты подъемника [2] с грузом начинаются с безобидных 15 мм (груз на высоте 6 м, неровность пола 3 мм) и достигают 130 мм (груз на высоте 13 м, неровность пола 12 мм) и более (таблица 1).

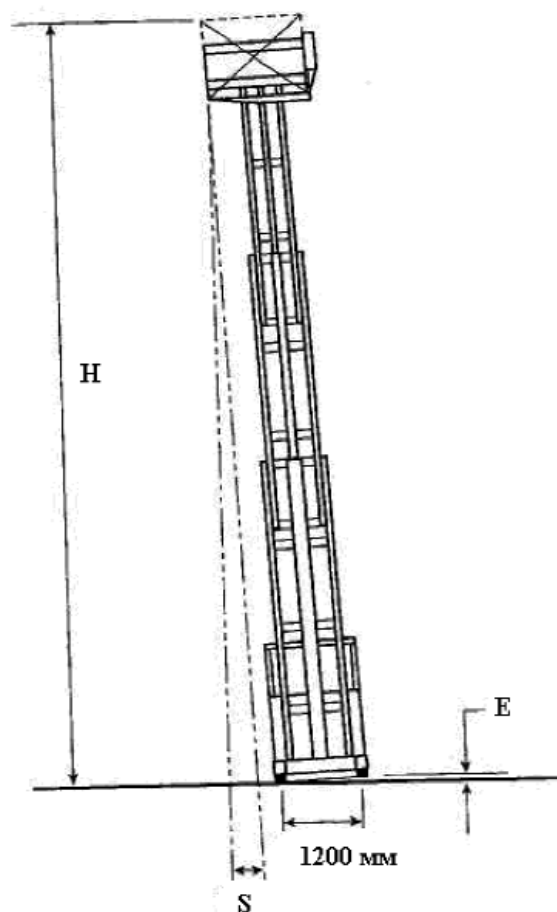


Рис. 2. Схема отклонения от вертикали движущегося погрузчика с грузом при наличии неровности пола

Таблица 1. Значения отклонений мачты подъемника от вертикали в зависимости от высоты подъема груза и величины неровности пола

Отклонение от вертикали мачты подъемника S, мм											
		при неровности пола волнистого характера E, мм									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
На высоте подъема груза H, м	6	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	7	18	23	29	35	41	47	53	58	64	70
	8	20	27	33	40	47	53	60	67	73	80
	9	23	30	39	45	53	60	68	75	83	90
	10	25	33	42	50	58	67	75	83	92	100
	11	28	37	46	55	64	73	83	92	101	110
	12	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	13	33	43	54	65	76	87	98	106	119	130

По зарубежным нормам [3] сверхплоские полы могут быть однослойными (бетонные полы) либо двухслойными (бетонные полы с упрочненным верхним слоем).

Конструкции сверхплоских полов делятся на две группы. К первой относятся полы, на которых заранее определены зоны движения напольного транспорта. Это здания логистических центров, в которых используются узкие проезды, и здания торговых центров с системой многоярусных стеллажей.

Полы, относящиеся ко второй группе, устраиваются с возможностью движения напольного транспорта во всех направлениях. Это здания телевизионных или киностудий. Случайный характер движения на этих объектах требует, чтобы ровность пола во всех направлениях была одинаковой. Такие объекты весьма специфичны и полы этой группы встречаются реже.

Для выполнения сверхплоских полов необходимо соблюдение следующих технологических условий: захватки плит пола устраиваются длинными полосами шириной не более 6 м; доставка бетона на объект должна производиться бесперебойно в соответствии с поминутным графиком; необходимо предусмотреть строгий контроль качества поступающей бетонной смеси. Методы финишной отделки, необходимые для получения сверхплоского пола, являются самыми высокотехнологичными из выполняемых в настоящее время.

Для сверхплоских полов с определенными зонами движения напольного транспорта швы раз-

мещаются вне зоны движения — обычно в местах примыкания стеллажей друг к другу. Замеры показателей ровности пола целесообразно производить в местах, соответствующих ширине базы транспортных средств, которые двигаются по нему. Для частей поверхности пола, размещенных под стойками стеллажей, замеры не производятся, и контроль может осуществляться визуально.

При устройстве полов второй группы для телевизионных либо киностудий (и аналогичных типов помещений) вся плоскость пола подвергается замерам по показателю ровности, так как вся поверхность будет подвергаться воздействию транспорта.

За рубежом ровность пола является одним из основных требований при его устройстве.

В отечественных же нормах [4] регламентированы следующие общие требования к готовому покрытию пола:

* отклонения поверхности покрытия от плоскости при проверке контрольной двухметровой рейкой не должны превышать 4 мм (для цементно-бетонных покрытий);

* отклонения от заданного уклона покрытий — 0,2 % соответствующего размера помещения, но не более 50 мм (по данным показателям производится не менее девяти измерений на каждые 50-70 м² поверхности покрытия или в одном помещении меньшей площади);

* поверхности покрытия не должны иметь выбоин, трещин, волн, вздутий, приподнятых кромок (по этим показателям производится визуальный осмотр).

Данные нормы предназначены для всех типов зданий и в них отсутствуют четкие требования к ровности полов для складских комплексов. Например, при измерении ровности пола двухметровой контрольной рейкой за показатель отклонений принимается максимальное значение измеренного просвета. При этом, количество просветов и направление укладки рейки не регламентируются. По нашему мнению, этот метод пригоден для предварительной оценки ровности пола и абсолютно непригоден для измерений полов с повышенной ровностью. Например, если на измеряемом участке будет значительное количество таких просветов, т.е. будет иметь место волнистость, то пол будет считаться ровным, хотя с точки зрения его эксплуатации он может быть совершенно непригоден.

Европейские стандарты [5] при оценке ровности пола определяют перепады (разность высот) между точками на расстоянии 0,3; 1; 2; 3 и 4 м. Регламентируются максимальные перепады между точками, расположенными как вдоль оси движения погрузчиков, так и в направлении, перпендикулярном ему. Такая методика, безусловно, позволяет получить более точную информацию по сравнению с использованием двухметровой рейки. При данном методе измерения показателей ровности пола используется нивелир и геодезическая рейка. Однако, на точность таких измерений влияет множество факторов: характеристики оптического прибора (нивелира), аккуратность выполнения работ, соблюдение вертикального положения измерительной рейки. Через 50-60 м требуется перестановка нивелира, чем снижается точность измерений.

Использование данного метода позволяет замерять 500-600 м² пола в смену двумя специалистами. После этого полученные данные анализируются еще в течение примерно двух дней. При этом происходит значительное увеличение сроков выполнения работ.

В 1980-е годы в США была внедрена интересная методика, где ровность пола оценивается двумя показателями: Floor Flatness (FF) — показатель волнистости и Floor Levelness (FL) — показатель горизонтальности (уклона) [6].

Показатель волнистости пола FF вычисляется на основании обработки данных, полученных измерением отметок точек с шагом 0,3 м. Представляя профиль пола в виде волн, показатель FF отражает не только абсолютную величину перепада высот профиля пола, но и его частоту; FF также

даёт различные значения характеристик ровности пола с одной или несколькими волнами такой же амплитуды.

Показатель горизонтальности (уклона) пола FL вычисляется на основании измерений перепада высот (отметок) точек, находящихся на расстоянии 3 м друг от друга и характеризует общий уклон пола [7]. Примечательно, что данные показатели замеряются в течение 24 ч после финишной затирки каждой захватки пола с целью оперативного исправления дефектов при их обнаружении.

Для уменьшения риска при устройстве данных конструкций полов стандартной частью выполнения работ является устройство тестовой захватки (либо нескольких). В данной ситуации только после приемки тестовой захватки разрешается выполнение основного объема работ.

В складских помещениях замеры производятся с помощью непрерывно записывающего самоходного напольного профилеографа (рисунок 3), что является частью этой методики. Данный прибор запатентован [7,8]. Основным элементом прибора является инклинометр, информация с которого поступает на процессор, где обрабатывается специальной программой. Результат не только записывается в память процессора, но и выдается на дисплей и распечатывается на принтер. Выпускаемые приборы имеют приблизительно одинаковые характеристики по точности измерений перепада высот между двумя соседними точками — около 0,03 мм.

Профилеограф производит серии измерений для обнаружения впадин и выступов на поверх-



Рис. 3. Напольный профилеограф

ности пола относительно условного горизонтального уровня, двигаясь вдоль прямой линии по всей поверхности пола. Измерения производятся в продольном и поперечном направлениях, покрывая пол сеткой точек замеров с шагом 0,3 м. Собранные таким образом данные обрабатываются компьютером и готовый результат выдается в виде значений FF и FL.

Для складских помещений диапазон значений величины FF от 35 до 45, FL — от 25 до 35. Для теле- и киностудий значения FF и FL должны быть больше 50. В случае, если полученные показатели не соответствуют нормативным, устраивается дополнительный слой пола, либо производится срез несоответствующего участка.

На основании вышеизложенного можно сделать некоторые выводы. Существующий в настоящее время в Украине метод контроля ровности бетонных полов не может быть применим к случаям создания сверхплоских полов, так как не даёт объективной оценки по показателям горизонтальности и волнистости.

При устройстве сверхплоских бетонных полов для получения объективной оценки фактически полученных результатов ровности целесообразно использовать специальную измерительную и компьютерную технику, которая в кратчайшее время даёт достоверные результаты по требуемым показателям.

Применение такой техники в процессе устройства сверхплоского пола в комплексе с устройством пробных захваток площадью 200-300 м² позволяет:

- * оперативно отработать технологию производства работ;
 - * подобрать необходимую бетонную смесь применительно к данному объекту строительства;
 - * определиться с возможностями применяемого технологического оборудования и оснастки;
- и, в конечном итоге, добиться высокого качества при сокращении сроков производства работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров Д. Устройство сверхплоских полов для складов — проблемы и решения / Д.Комаров // Современный склад. — 2003. — № 8. — С. 14-18.
2. Concrete society report TR 34. Concrete industrial ground floors / A guide to design and construction. Third edition, 2003. — 148 p.
3. ACI 302.1R-04. Guide for concrete and slab construction / American concrete institute. — USA, 2004. — 120 p.
4. СНиП 3.04.01-87. Изоляционные и отделочные покрытия. — М.: 1988. — 41 с.
5. DIN 15185. Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzeugen. 1 s.
6. ASTM E 1155M-96 (Reapproved 2001). Standard test method for determining FF floor flatness and FL floor levelness numbers / Stanford linear accelerator center alignment engineering group. — USA, 2003. — 9 p.
7. William T. Kirven W. Apparatus and method of measuring of surface heights / William T. Kirven // United States Patent US4471530. — USA, 1984. — 5 p.
8. Kirven T. Method and apparatus for measuring height variations on a floor surface / Thomas Kirven // United States Patent US4748748. — USA, 1987. — 8 p.

АНОТАЦІЯ

Розглянуті питання контролю якості показників рівності підлоги за різними методиками на відповідність її певній нормативній категорії.

Ключові слова: підлоги, горизонтальність, контроль якості, методи вимірів.

ANNOTATION

The method of calculation of a parameter of horizontality (bias) of a floor on conformity of its certain normative category is considered, the example of gathering and processing of the received data is resulted.

Keywords: floors, horizontality, quality assurance, methods of measurements.

УДК 69.058;725;728

*П.Є. Григоровський, к.т.н.; Л.О. Косолап;
Н.П. Чуканова, НДІБВ, м. Київ*

ВПЛИВ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

В статті зроблена спроба аналізу життєвого циклу будівлі з точки зору впливу на нього природних та техногенних факторів. Розглянуто вплив на довговічність основних пошкоджень та дефектів. Наведена класифікація факторів впливу та розглянуті причини пошкоджень. Проведено аналіз можливості оптимізації життєвого циклу будівель. Наведена блок-схема життєвого циклу будівлі. В статті зроблено висновок, що економічна доцільність реконструкції, модернізації і ремонту або її ліквідації може бути встановлена шляхом порівняння витрат на реконструкцію з витратами на будівництво нової будівлі такої ж площі з урахуванням термінів подальшої експлуатації.

Ключові слова: життєвий цикл, довговічність будівлі, пошкодження та дефекти, фактори впливу, оцінка технічного стану, оптимізація тривалості життєвого циклу будівель.

1. Постановка задачі

Життєвий цикл будівель включає процеси проектування, підготовки будівельного майданчика, будівництво та експлуатацію будівлі.

Строк життя будівель і споруд у значній мірі залежить від якості проектування і будівництва та їх експлуатаційної придатності. Довготривала експлуатаційна придатність будівель забезпечується за рахунок технічних оглядів та реалізації заходів із технічної експлуатації, які розробляються за результатами цих оглядів.

Сповільнення фізичного зношення будівель досягається за рахунок виконання ремонтів. Кількість ремонтів та їхня періодичність визначається диференційовано відповідно до інтенсивності зношення конструктивних елементів і всієї будівлі в цілому. Прийняття ефективних рішень з продовження терміну безпечної експлуатації будівлі неможливо без наявності об'єктивної інформації про технічний стан будівель. Цю інформацію отримують шляхом моніторингу технічного стану будівлі.

За результатами моніторингу приймають рішення щодо проведення ремонту, заміни або підсилення елементів конструкцій чи ліквідації будівлі. Об'єм ремонту, елементи конструкцій, що підлягають ремонту, визначають з точки зору ефективного продовження життя будинку з врахуванням вартості ремонту.

У цій статті зроблена спроба аналізу життєвого циклу будівлі з точки зору впливу на нього природних та техногенних факторів, а також якості та повноти моніторингу технічного стану будівлі.

2. Життєвий цикл будівлі

Життєвий цикл будівель — це час від моменту обґрунтування необхідності їх зведення до настання економічної недоцільності подальшої експлуатації [1]. Періоди життєвого циклу поділяються на підготовчий період, нульовий цикл, зведення будівлі, експлуатацію будівлі, період фізичного і морального зносу. Останній стан є періодом закінчення життєвого циклу або початком нового, що включає період реконструкції (капітального ремонту), яка поновлює фізико-механічні і експлуатаційні характеристики будівель.

Забезпечення довготривалої експлуатації будівель — важлива техніко-економічна проблема проектування, будівництва й експлуатації. Під час проектування повинні бути передбачені такі матеріали і конструкції, що забезпечують нормальне функціонування будинку протягом строку служби з урахуванням зниження міцності і погіршення технічних характеристик у часі за рахунок зношення, впливу навколишнього середовища, зовнішніх і внутрішніх навантажень, з урахуванням забезпечення нормальної системи технічного обслуговування і ремонту. Проте ці запаси міцності повинні бути економічно виправдані, адже чим вища надійність, тим більша вартість будівництва.

3. Довговічність будівлі

Довговічність характеризується часом, протягом якого у будівлях і спорудах з перервами на ремонт експлуатаційні якості зберігаються на заданому в проекті (нормах) рівні. Розрізняють фізичну та моральну або технологічну довговічність.

Фізична довговічність залежить від фізико-технічних характеристик конструкції: міцності, тепло- і звукоізоляції, герметичності та інших параметрів.

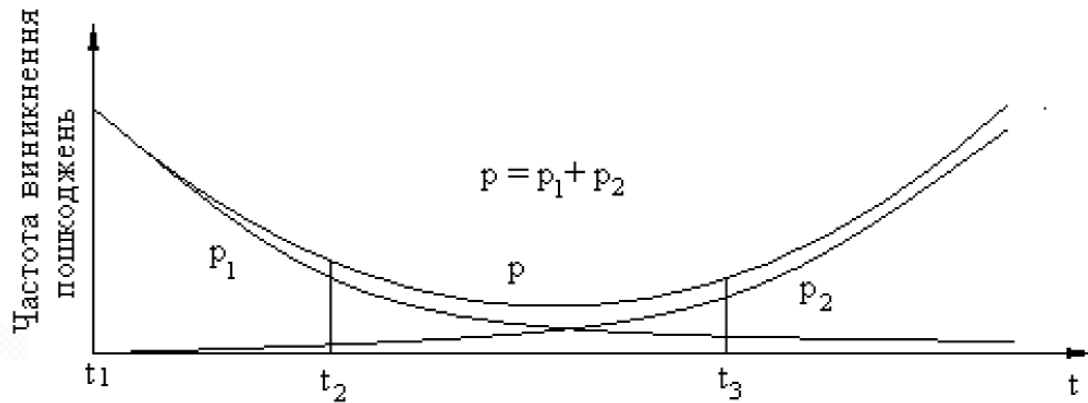


Рис. 1. Частота виникнення пошкоджень будівлі в залежності від часу експлуатації

Моральна довговічність залежить від відповідності будівлі за розмірами, благоустроєм, архітектурою тощо своєму функціональному призначенню.

На початковому етапі експлуатації будівлі (рис. 1) число дефектів є відносно високим. Вони викликані помилками при проектуванні і неправильним виконанням будівельних робіт тощо. Більшість цих дефектів зазвичай усуваються впродовж гарантійного строку експлуатації. В міру їх усунення число обумовлених ними недоліків систематично знижується (крива p_1). Під час експлуатації будівлі відбувається поступове старіння і знос окремих елементів будівлі (крива p_2).

Впродовж початкового періоду експлуатації мають місце негативні явища: дефекти, ушкодження і недоробки, що істотно знижують експлуатаційні характеристики будівель, наприклад, промерзання і проникнення атмосферної вологи через зовнішні стіни, проникнення води через віконні і дверні столярні вироби, протікання вологи на останніх поверххах через покрівлю, тріщини в стінах приміщень, низька температура в окремих приміщеннях у зимовий час, часті ушкодження інженерних систем, ліфтів тощо.

Із загального аналізу залежностей, що наведені на рисунку 1, слід відмітити, що в інтервалі від t_1 до t_2 дефекти будівель є наслідком недостатньої якості проектів або будівництва. До деякого моменту число дефектів зменшується, а потім, починаючи з моменту часу t_3 , знову спостерігається ріст числа дефектів, що викликані природним зносом або старінням матеріалів і елементів будівлі. У інтервалі від t_2 до t_3 число дефектів мінімальне.

Дефекти, недоліки і ушкодження, що проявляються в житлових будівлях, мають різний характер. Це може бути одиничний випадок руйнування всієї конструкції під час будівництва, її частини. Пошкодження можуть накопичуватись повільно в період експлуатації і стабілізуватись з часом або мати циклічний характер.

Пошкодження може бути усунуто після визначення причини його походження, в іншому разі — після аварії всієї будівлі чи її частини. Ідеальний варіант розвитку стану конструкції — зміни проходять шляхом природного старіння, причому час життя будівлі може бути продовжено при правильній експлуатації та своєчасному проведенні ремонтів, що можливо за умови якісного моніторингу, тобто оперативного виявлення пошкоджень, дефектів будівлі та правильного прогнозування розвитку пошкоджень.

4. Основні пошкодження та дефекти будівлі

Пошкодження, дефекти і аварії можуть мати місце при виготовленні елементів, під час монтажу конструкцій, у початковий період експлуатації або на її подальших стадіях. Вони можуть бути викликані, по-перше, несприятливою дією непередбачених чинників і, по-друге, систематичним технічним зносом елементів або вузлів конструкції у поєднанні з дією власних і експлуатаційних навантажень.

Наприклад, при роботі конструкцій з бетону розрізняють період підвищення міцності внаслідок гідратації цементу та період зниження міцності через руйнування скелету матеріалу. Для будівельних конструкцій, зокрема бетонних, характерний

крихий вид руйнування без помітних залишкових деформацій, при цьому на величину розривного зусилля суттєво впливає тривалість дії, коли відбувається "підготування" руйнування, "накопичуються" мікротріщини.

Найхарактернішими дефектами всієї конструкції будівлі є: крен, прогин, вигин, перекіс, кручення [1]. Вони виникають від нерівномірності осідань та недостатньої жорсткості конструкції.

Основними дефектами фундаментів і стін підвалів є просідання, вертикальні та похилі тріщини, вимивання солей з цементного розчину, розшарування кладки тощо.

Поширеним дефектом залізобетонних колон каркасів будівель є вертикальні та горизонтальні тріщини. На залізобетонних елементах каркаса часто спостерігаються тріщини через корозію арматури.

Найпоширенішим пошкодженням металевих каркасів є їх корозія.

Основними дефектами перекриттів є прогини, промерзання біля зовнішніх стін, відшарування штукатурки. У дерев'яних перекриттів часто спостерігається руйнування будинковими грибами та комахами, гнучкість, промерзання.

Для стін характерними дефектами є тріщини, розшарування рядів кладки, випучування і просадка окремих ділянок, руйнування зовнішнього захисного шару. Для дерев'яних стін основними дефектами є загнивання і пошкодження грибами та комахами.

У всякому разі важливим фактором подовження життєвого циклу будівлі є якісний моніторинг її технічного стану, тобто своєчасне виявлення основних пошкоджень та дефектів будівлі, за результатами якого виконують їх усунення.

5. Фактори, що впливають на довговічність будівлі

Для оцінки якості конструкції та довговічності будівлі обов'язковим є комплексний і точний облік чинників, що впливають на надійність при проектуванні, виготовленні елементів, монтажі і загальнобудівельних роботах та експлуатації будівлі: вибір матеріалів з урахуванням функціональних вимог, що пред'являються до конструкції, вибір основної конструктивної схеми, конструктивного рішення елементів, вузлів і з'єднань, відмінностей прийнятої розрахункової схеми від дійсних умов роботи конструкції, прийнятих розрахункових коефіцієнтів запасу, ретельності вико-

нання технологічних процесів будівництва, дії зовнішніх (атмосферних) чинників, а також якості захисних заходів (наприклад, проти корозії або зношення) для заданого строку служби і технічних умов експлуатації.

Для комплексного аналізу цих факторів необхідною є їх класифікація. Ці фактори можна розділити на наступні основні групи (рисунок 2) [3]:

- фактори загального характеру, що включають загальні проблеми проектування та загальні принципи норм проектування;
- фактори, що залежать від технології виробництва елементів та від технології їх монтажу, у тому числі моніторинг якості і технології будівництва;
- фактори, що стосуються принципів проектування і розрахунку конструкцій;
- експлуатаційні фактори, в тому числі якісний моніторинг, тобто своєчасне виявлення пошкоджень та дефектів будівлі, за результатами якого виконують їх усунення.

6. Причини, що викликають пошкодження

У ході експлуатації споруди піддаються численним природним, технологічним діям, що враховуються в проекті при виборі матеріалів, конструкцій тощо. Проте на практиці відповідність характеристик будівельних матеріалів і конструкцій може відрізнятися від встановлених документацією, в результаті сумарна дія багатьох чинників може призвести до прискореного зносу споруд. Тому моніторинг якості і технології будівництва є важливим чинником подовження життєвого циклу будівель.

Будівлі і споруди є складними [5] будівельними системами, що складаються з ряду конструктивних елементів, об'єднаних за допомогою різних стикових з'єднань. Особливістю таких систем є та обставина, що їх експлуатаційні якості і в першу чергу довговічність, є різномірні і залежать від таких же якостей їх складових елементів, а також зв'язків між ними. У результаті дії факторів зовнішнього середовища, внутрішніх технологічних і експлуатаційних процесів у різних конструктивних елементах виникає напруга і деформації, що сприяють процесам руйнування.

Аналіз причин пошкоджень елементів будівель дозволяє виділити чотири групи чинників, міра впливу яких у кожному конкретному випадку може бути різною щодо інтенсивності дії (рисунок 3).

Дія внутрішніх чинників включає природні і штучні. До природних чинників слід віднести ат-

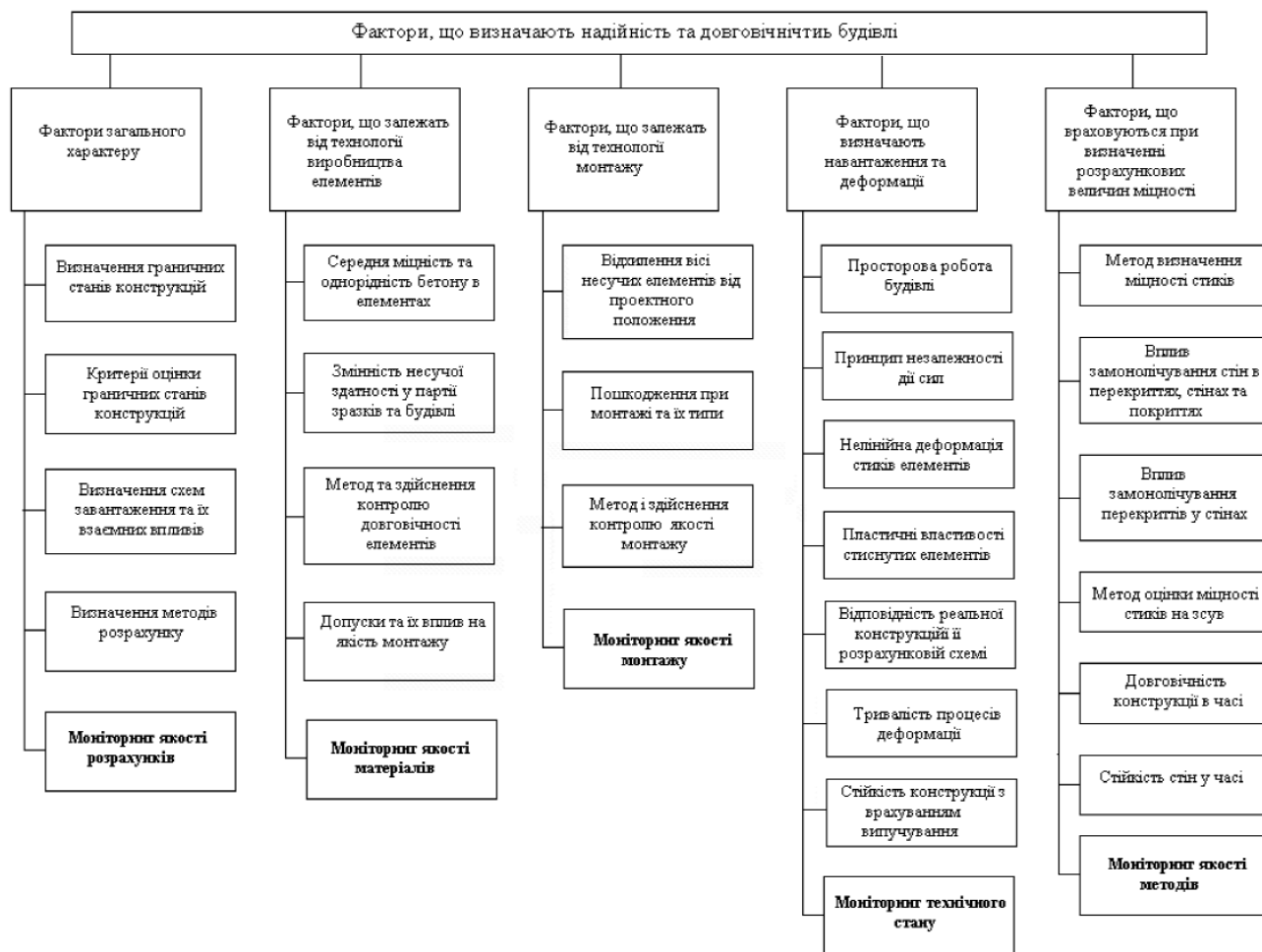


Рис. 2. Елементи моніторингу у складі факторів, що впливають на надійність та довговічність будівель

мосферні, кліматичні, ґрунтові, біологічні і сейсмічні дії. З групи чинників слід виділити атмосферні, біологічні і ґрунтові умови, вплив яких в останні десятиліття помітно активізувався. Зокрема, наявність викидів і забруднень хімічними з'єднаннями атмосфери міст призводить до непередбачуваних дій, що руйнують конструкції, покриття і інші конструктивні елементи. Широка гамма хімічних з'єднань вступає в реакцію з матеріалом конструкцій і сприяє виникненню новоутворень, що порушують структурно-механічні властивості і істотно знижує довговічність конструктивних елементів. Особливу небезпеку при цьому мають композиційні будівельні матеріали з наявністю полімерних матеріалів і з'єднань.

Ліквідація природних насипів, виїмок і активне втручання в зміну природного ландшафту призводять до змін геологічного характеру: підвищенню рівня ґрунтових вод, карстових утворень, порушенням фізико-механічних характеристик основ будівель і іншим негативним явищам.

Дія техногенних чинників проявляється в результаті підвищення агресивності середовищ, технологічних забруднень і механічних дій. При цьому агресивними можуть бути як атмосферні, так і ґрунтові середовища. Особливе значення набувають забруднення ґрунтової основи і поширення її в результаті міграції атмосферних і ґрунтових вод. Так, при витoku техногенних забруднень промислового комплексу останні потрапляють у ґрунтові води і поширюються на значні площі, включаючи і зону житлових будівель.

З моменту введення будівлі в експлуатацію усі елементи і конструкції поступово знижують свої якості. Ці зміни є наслідком дії багатьох фізико-механічних і хімічних чинників.

Основні чинники, що впливають на споруди:

— *дія повітряного середовища*. Забруднене повітря особливо в поєднанні з вологою призводить до передчасного зносу, корозії, розтріскування і руйнування будівельних конструкцій;

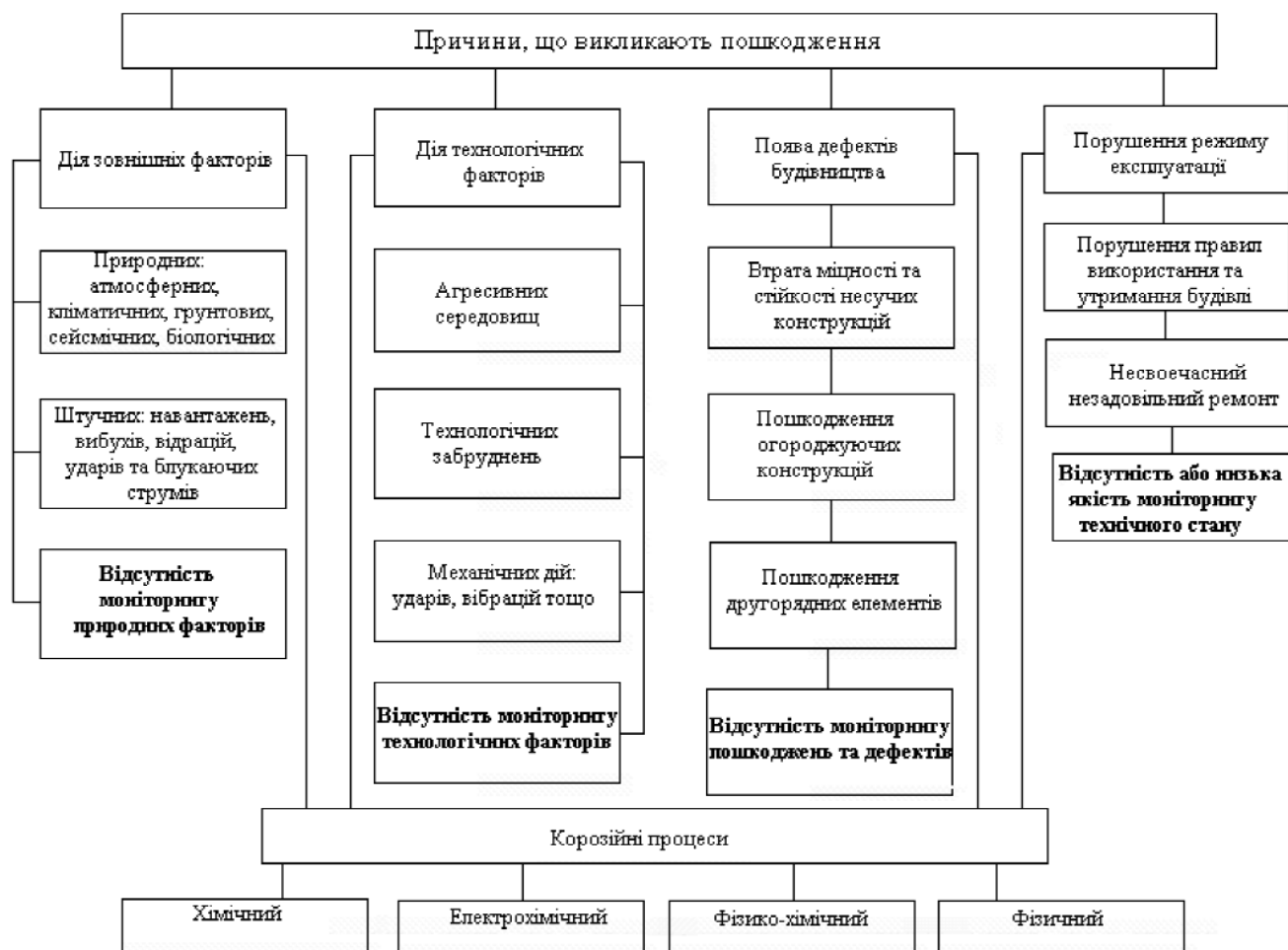


Рис. 3. Моніторинг технічного стану у складі причин пошкоджень конструктивних елементів будівель

— *дія ґрунтової води*. Вода в ґрунтах завжди є розчином з концентрацією і хімічним складом, який змінюється, що відбивається на мірі її агресивності);

— *дія негативної температури*. Негативна температура призводить до замерзання вологи в конструкціях і ґрунтах основи. Для будівель і їх конструкцій небезпечні три види дії негативної температури: промерзання зволжених конструкцій і їх руйнування; промерзання огорожувальних конструкцій і порушення в приміщеннях температурно-вологісного режиму, комфортності; промерзання фундаментів, їх здуття і внаслідок цього руйнування вище розміщених конструкцій;

— *дія технологічних процесів*. Через неоднакову стійкість і довговічність матеріалів конструкцій і різного впливу на них середовища знос їх нерівномірний. Внаслідок цього руйнуються захисні покриття стін і підлоги, вікна, двері, покрівля, потім стелі, каркас і фундаменти. До технологічних факторів, що негативно впливають на довговічність

будівлі, відноситься агресивність середовища, під дією якого змінюються структура і властивості матеріалів. Руйнування будівельних матеріалів носить дуже різноманітний характер: хімічний, електрохімічний, фізичний, фізико-хімічний. Підвищення інтенсивності транспортних артерій, збільшення вантажопідйомності машин і рухомого складу рейкового транспорту призводять до зростання дій вібраційного і ударного характеру.

Одним з найважливіших чинників впливу на надійність та довговічність будівель в умовах дії факторів, що викликають пошкодження, є моніторинг їх технічного стану, тобто обстеження з метою попередження руйнування будівель.

7. Обстеження та попередження руйнування будівлі

Під час технічної експлуатації необхідно насамперед виявити найнебезпечніші місця, з яких починається руйнування конструктивних елементів будівлі, і встановити за ними постійний нагляд.

Початок руйнування завжди обумовлений певними руйнівними факторами або їх сукупністю. Такі фактори повинні бути виявлені під час огляду конструктивних елементів на початку їх утворення і усунуті під час технічної експлуатації.

В загальному випадку ремонту повинні підлягати тільки конструкції, строк служби яких менше нормативного строку служби будівлі в цілому. У свою чергу, капітальні конструкції, що за строком служби не підлягають заміні, за наявності фізичного зносу повинні бути відновлені до рівня забезпечення несучої і експлуатаційної здатності. У результаті використання нових матеріалів і технологій відновлювальні роботи можуть істотно підвищити рівень надійності і довговічності конструкцій і будівлі в цілому.

Залежно від виду конструкцій найбільше відмов дають балки, прогони, перекриття, найменше стіни. Це пояснюється складнішим деформаційним станом згинальних конструктивних елементів перекриттів порівняно зі стінами.

Характерним є аналіз відмов залежно від помилок, допущених під час проектування, недоліків під час зведення, дефектів і пошкоджень під час експлуатації

Теоретично передбачається, що фізичний знос будівлі з часом збільшується (рисунок 4, крива 1).

Фактично завдяки використанню результатів натурних обстежень параметри фізичного зносу періодично знижуються (рисунок 4, крива 2) за рахунок своєчасних ремонтів та підтримки елементів будівлі в нормальному технічному стані. Отже, фактичний фізичний знос будівлі є менш інтенсивним при виконанні ремонтних робіт (рисунок 4, крива 3).

Життєвий цикл будівель можливо підвищити при виконанні проектних вимог до їх експлуатації. Фізичне зношення визначається, як правило, розрахунком на підставі результатів натурних обстежень. Моральне зношення будівель — це старіння з часом типів, параметрів і об'ємно-планувальних рішень будівель, їх устаткування і обробки, художньо-стильових особливостей архітектури і зовнішнього вигляду будівель у зв'язку зі зміною представлень суспільства.

Для оцінювання технічного стану будівель виникає потреба визначення ступеня фізичного зносу будівлі, який можна визначити:

— на підставі візуального огляду конструктивних елементів;

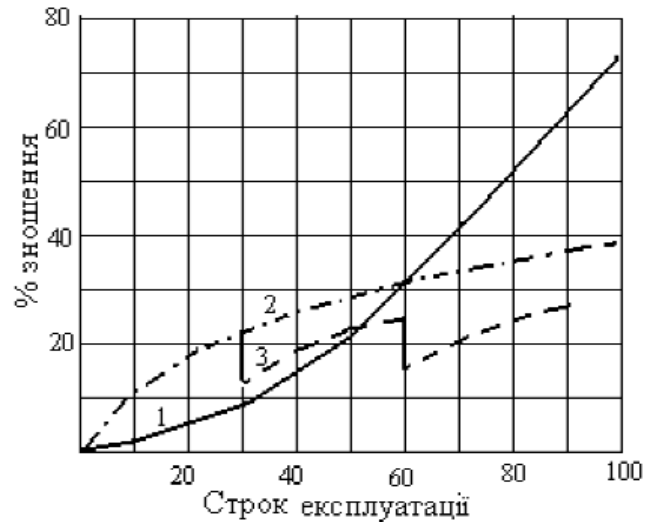


Рис. 4. Залежність фізичного зносу від строку експлуатації будівлі:

1 — теоретично; 2 — фактично, за рахунок планових ремонтів;

3 — при виконанні своєчасних ремонтно-відновлювальних робіт

— експертизою з оцінюванням залишкового строку служби;

— розрахунком;

— інженерним обстеженням.

Візуальний огляд є найпростішим методом оцінювання технічного стану конструкцій. На підставі візуального огляду визначають відсоток спрацювання окремо по конструктивних елементах, а потім — процент спрацювання будівлі загалом.

Експертний метод полягає у зіставленні фактичного строку служби з повним нормативним строком служби цього елемента і оцінкою залишкового строку служби. Цей метод застосовується для приблизного оцінювання рівня фізичного зношення конструктивних елементів і будівлі загалом.

Розрахунковий метод застосовують за відсутності явних зовнішніх ознак фізичного зносу конструкцій. У такому разі рівень фізичного зношення визначають за фактичним строком служби відповідно до повного нормативного строку служби конструкцій.

Метод інженерних обстежень полягає у визначенні вартості робіт, необхідних для відновлення експлуатаційних властивостей конструкцій і інженерно-технічного устаткування. Цей метод вимагає певних затрат на інструментальні обстеження, лабораторні випробування, часу на камеральне оброблення даних, зате є найточнішим.

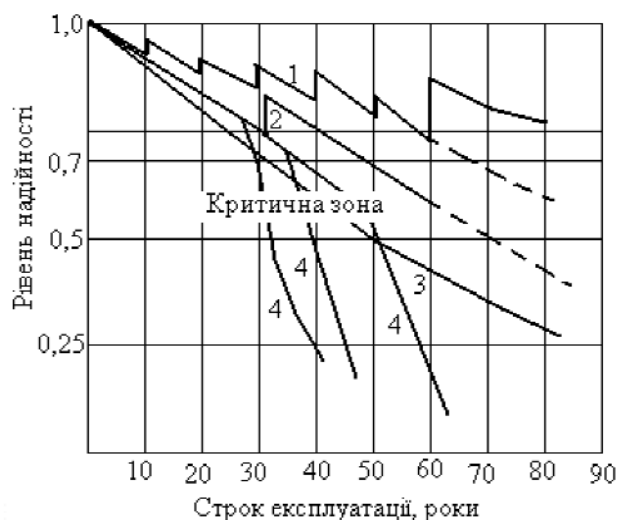


Рис. 5. Зміна рівня експлуатаційної надійності житлових будівель:

1 — виконання планових ремонтно-відновлювальних робіт; 2 — виконання відновлювальних робіт для будівель з низьким рівнем експлуатаційної надійності; 3 — відсутність чи епізодичність відновлювальних робіт; 4 — інтенсивне зниження експлуатаційної надійності при впливі техногенних процесів

Обстеження будівель є найважливішою частиною комплексу робіт за оцінкою їх технічного стану з метою прийняття рішень щодо їх реконструкції, модернізації або ремонту.

Оптимізація тривалості життєвого циклу житлових будівель є похідною доцільних меж реконструкції, модернізації і ремонту [5]. Економічна доцільність реконструкції житлових будівель може бути встановлена шляхом порівняння витрат на реконструкцію з витратами на будівництво нової будівлі такої ж площі з урахуванням строків подальшої експлуатації.

Класифікація об'єктів за мірою фізичного і морального зносу свідчить про необхідність планомірного проведення ремонтно-відновних робіт, починаючи з експлуатації побудованої будівлі. Тривалі перерви призводять до значного рівня витрат на відновлення необхідних експлуатаційних характеристик, а при збільшенні міжремонтного терміну — до аварійних ситуацій.

На рисунку 5 наведені графічні залежності рівня надійності і фізичного стану житлових об'єктів для різних періодів відновлювальних робіт.

При дотриманні планових і поточних ремонтів (крива 1) життєвий цикл будівель збільшується,

досягаючи параметрів морального зносу зі збереженням фізико-механічних характеристик, що визначають експлуатаційну надійність.

Перерви у відновлювальних роботах (крива 2) істотно знижують загальний життєвий цикл будівель, а для їх відновлення потрібні значні витрати, в т. ч. виконання робіт із відселенням мешканців.

За тривалої відсутності ремонтно-відновлювальних робіт настання критичної фази, що характеризується втратою здатності конструктивних несучих елементів, істотно знижує життєвий цикл і саме існування об'єкта.

Вплив техногенних процесів, відхилень режиму експлуатації, приховані дефекти, що викликані порушенням технології виконання робіт, також призводять до зниження життєвого циклу.

У цих випадках прогноз довговічності будівель ґрунтується на оцінці ймовірісно-статистичних моделей з використанням даних моніторингу стану несучих, захисних конструкцій і інженерного устаткування.

Значення строків служби елементів будівлі хоча і є випадковими величинами, підкоряються нормальному закону розподілу так, що можна заздалегідь встановити з деякою вірогідністю їх найбільше і найменше значення.

Міжремонтний період будівлі визначається строком служби найменш довговічного елемента. Для визначення міжремонтного циклу кожного елемента будівлі необхідно знати, окрім середнього значення строку служби, його середньоквадратичне відхилення з урахуванням особливостей мікрорайону.

Найточніше строк служби будівель можна визначити за даними кривої розподілу відмов, побудованої на підставі статистичних даних достатньо великої кількості елементів цього типу, експлуатованих в аналогічних умовах. Такий спосіб визначення довговічності конструкцій заснований на припущенні, що строки служби елементів будівель і інженерних систем мають нормальний розподіл.

8. Блок-схема життєвого циклу будівлі

На рисунку 6 представлено схему процесу життєдіяльності будівлі (від проектування до ліквідації) як єдиний технологічний процес. Цей процес включає, крім безпосередньо будівництва і геодезичних вимірювань, випробування матеріалів і конструкцій, також процес обстежень будівлі. Всі ці процеси забезпечують не тільки якість будівель-

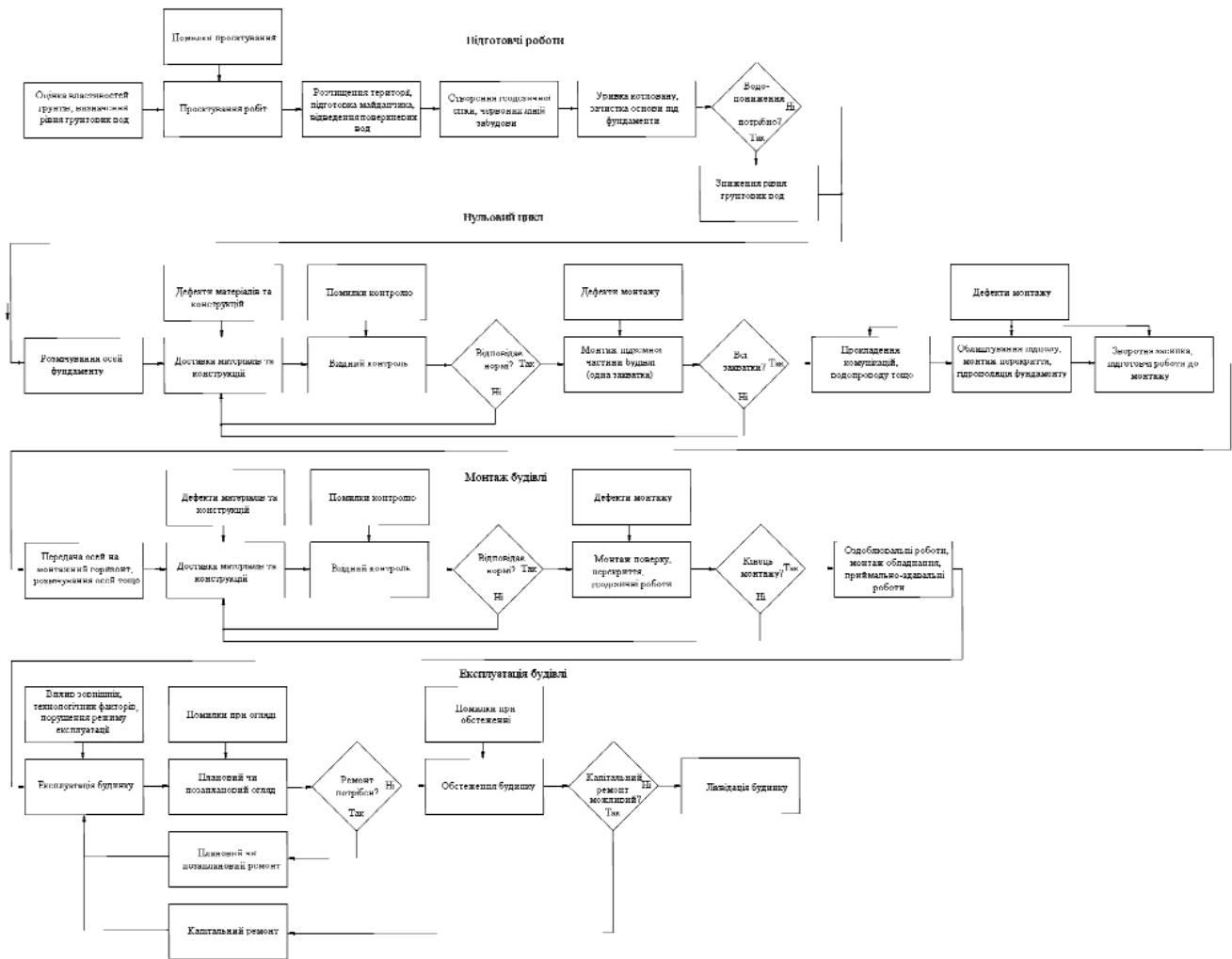


Рис. 6. Схема процесу будівництва та експлуатації будівлі

них робіт, а і прямо впливають на тривалість життя будівлі.

На схемі відображені всі періоди життєвого циклу будівлі: проектування, підготовчі роботи, нульовий цикл будівництва, монтаж будинку, експлуатація будинку з ремонтами та кінцевий етап — ліквідація будинку. У схемі, як один з елементів єдиного технологічного процесу будівництва та життя будинку включені процеси геодезичних робіт, контролю якості матеріалів та конструкцій, планові та позапланові огляди, обстеження технічного стану. Без виконання цих робіт неможливо проведення монтажних робіт та тривала експлуатація будинку.

У блок-схемі знайшов відображення на життєвий цикл будівлі вплив факторів на її довговічність. В процесі будівництва це помилки проектування, неякісні матеріали та конструкції, дефекти

монтажу тощо. В процесі експлуатації на довговічність будинку впливають як зовнішні, так і внутрішні фактори. До зовнішніх факторів [4] відносяться як фізико-хімічні, так і механічні впливи: радіація, температура, повітряні потоки, грозові розряди, шум та звукові коливання, хімічні агресивні речовини, тиск ґрунту, підземні води, сейсмічні коливання тощо.

До внутрішніх факторів відносяться: навантаження самого будинку на фундамент, зміна температури та вологості, удари, вібрації, біологічні шкідники,

Для забезпечення довговічності об'єктів будівництва потрібний комплексний аналіз процесів накопичення ушкоджень, контроль експлуатаційних характеристик. Це вимагає розробки методів і засобів діагностування роботи досліджуваного об'єкта.

9. Висновки

Таким чином, у процесі життєвого циклу будівлі завжди мають місце пошкодження, дефекти і аварії. Вони можуть бути викликані несприятливою дією непередбачених чинників та систематичним технічним зносом елементів або вузлів конструкції у поєднанні з дією власних і експлуатаційних навантажень.

На тривалість життєвого циклу будівлі впливають фактори загального характеру, технологічні та експлуатаційні фактори.

Процесам руйнування сприяє дія повітряного середовища, ґрунтової води, негативної температури, технологічних процесів.

Важливим фактором подовження життєвого циклу будівлі є якісний моніторинг її технічного стану, тобто своєчасне та повне виявлення основних пошкоджень та дефектів будівлі, за результатами якого і приймається рішення про доцільність їх усунення. Моніторинг повинен супроводжуватись аналізом можливого розвитку пошкоджень та дефектів внаслідок впливу руйнівних факторів техногенного та експлуатаційного характеру.

Оптимізація тривалості життєвого циклу будівель є вибором доцільності реконструкції, модернізації і ремонту та її ліквідації. Економічна доцільність може бути встановлена шляхом порівняння витрат на реконструкцію з витратами на будівництво нової будівлі такої ж площі з урахуванням строків подальшої експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриляк А.І. та ін. *Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель*. — Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Львів, 2006. — 537 с.
2. Арендарский Е. Долговечность жилых зданий / Пер. с пол. М.В. Предтеченского; Под ред. С.С. Кармилова. — М.: Стройиздат, 1983. — 255 с.
3. Авиром Л.С. *Надежность конструкций сборных зданий и сооружений*. — Стройиздат, Л.: 1971.
4. *Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Справочное пособие*. Под ред. М.Д. Бойко. — М.: Стройиздат, 1993.

5. Костюченко В.В., Кудинов Д.О. *Организация, планирование и управление в строительстве*. — М.: Феникс, 2006. — 352 с.

АННОТАЦИЯ

В статье сделана попытка анализа жизненного цикла здания с точки зрения влияния на него природных и техногенных факторов. Рассмотрено влияние на долговечность основных повреждений и дефектов. Приведена классификация факторов влияния и рассмотрены причины повреждений. Проведен анализ возможности оптимизации жизненного цикла зданий. Приведена блок-схема жизненного цикла здания. В статье сделан вывод, что экономическая целесообразность реконструкции, модернизации и ремонта или ее ликвидации, может быть установлена путем сравнения затрат на реконструкцию с затратами на строительство нового здания такой же площади с учетом сроков дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: жизненный цикл, долговечность здания, повреждения и дефекты, факторы влияния, оценка технического состояния, оптимизация длительности жизненного цикла зданий.

ANNOTATION

The article is an attempt to analyze the life cycle of the building in terms of the impact that natural and man-made factors. The effect on the durability of major damage and defects. The classification of impacts and causes of damage dealt. Analysis of opportunities to optimize the life cycle of buildings. The above block diagram of the life cycle of the building. The paper concludes that the economic feasibility of the reconstruction, modernization and repair or eliminate it can be established by comparing the construction costs to the cost of building a new building of the same area based on the timing of further exploitation.

Keywords: life cycle, durability building damage and defects, impacts, technical evaluation, optimization of the duration of the life cycle of buildings.

УДК 69:001.89.,624.15

Г.Н. Мещеряков,
"Инженерный Центр Трансзвук", г. Одесса

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШПУНТОВЫХ СВАЙ, ПОГРУЖАЕМЫХ ВДАВЛИВАНИЕМ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена специфика работы замковых соединений шпунтовых стенок при использовании свай корытного профиля. Проведены полномасштабные исследования процессов вдавливания стальных шпунтовых свай на экспериментальной площадке с применением гидравлической сваевдавливательной машины и модульной координатной системы МКС. Получены данные о распределении сил трения в замках шпунтовых свай.

Ключевые слова: шпунтовая свая, замковое соединение, полномасштабное моделирование, погружение свай вдавливанием, сваевдавливательная машина

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения оптимальных параметров технической эксплуатации защитных и ограждающих гидротехнических сооружений, а также экономичных методов их реконструкции и ремонта необходимо максимально точно учитывать жесткостные характеристики основных несущих конструктивных элементов сооружения. Данное соображение имеет существенное значение при использовании в составе инженерных сооружений гибких шпунтовых стенок корытного профиля (сечения типа "Ларсен"), в частности, при определении их момента инерции и момента сопротивления (Рис. 1).

Основная особенность шпунтовых стенок корытного профиля заключается в том, что их замковые соединения расположены в зоне нейтральной оси стенки. Таким образом, усилия и деформации в замках таких шпунтовых свай играют важную роль в поведении свай и в формировании реальных значений упомянутых геометрических параметров сечения стенки.

При полной передаче усилий от свай к свае через замки стенка из шпунтовых свай работает как

PU 32

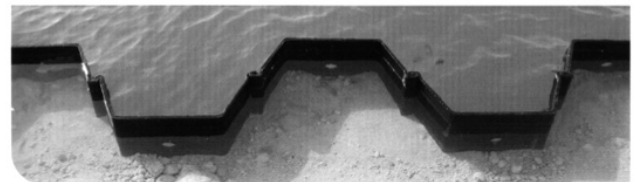
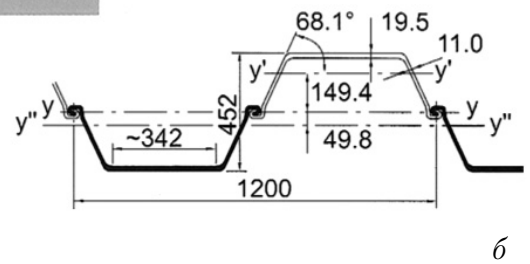


Рис. 1. Шпунтовая стенка из свай типа PU 32

а — схема; б — план погруженных свай

сплошная конструкция (геометрические параметры сечения могут приниматься по значениям, указанным в каталоге, предоставляемым производителями). При полном проскальзывании свай в замках (нулевое трение) каждая шпунтовая свая работает как одиночная, при этом момент инерции и момент сопротивления шпунтовой стенки минимальны. В действительности силы трения в замках имеют некоторое промежуточное (между нулевым и полным трением) значение. Это предопределяет и некоторые промежуточные значения (между минимальным для работы одиночных свай и максимальным для сплошной стенки) рассматриваемых геометрических параметров, на величину которых оказывают влияние такие основные факторы, как свойства грунтов, в которые погружают сваи, метод и технология погружения. Механические свойства грунтов влияют на силы трения в замковых соединениях шпунтовых свай и передачу продольных усилий от свай к свае.

Одним из наиболее приемлемых методов изучения взаимодействия замковых соединений шпунтовых свай с грунтовой средой при устройстве и эксплуатации шпунтовых стенок является метод вдавливания свай, позволяющий ступенчато варьировать прилагаемую внешнюю нагрузку в заданных интервалах, скорость и направление приложения нагрузки, а также избежать негативных динамических эффектов, сопровождающих процессы забивки свай.

Следует отметить, что упомянутые разные стадии работы сооружения характеризуются различ-

ными интервалами нагрузок и перемещений шпунтовых свай. Так, для стадии технической эксплуатации взаимные смещения свай вдоль замковых соединений могут составлять от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Для этапов строительства, реконструкции или ремонта шпунтовых стенок такие смещения могут быть выше на порядок.

Таким образом, полномасштабное физическое моделирование в реальном масштабе сил и перемещений целесообразно для оценки поведения свай при возведении (реконструкции) сооружений. Для изучения особенностей стадии эксплуатации рассматриваемых конструкций полезными оказываются более точные лабораторные опыты для ограниченных интервалов усилий и деформаций исследуемых элементов.

1 ПОЛНОМАСШТАБНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Цель и задачи экспериментов

В связи с вышеизложенным были проведены комплексные экспериментальные исследования. Они включали как полномасштабные натурные опыты, так и лабораторные эксперименты с реальными замковыми соединениями шпунтовых свай в разнообразных грунтовых условиях. В статье рассмотрены результаты полномасштабных экспериментальных исследований на строительной площадке.

Цель исследований состояла в определении особенностей взаимодействия замковых соединений стальных шпунтовых свай корытного профиля с грунтовой средой. В частности, при погружении свай статическим вдавливанием определялись зависимости типа "нагрузка — перемещение" в широком интервале усилий. Полученные зависимости могут быть использованы для разработки достоверной модели взаимодействия элементов системы "шпунтовая стенка — грунтовая среда", а также повышения эффективности численного моделирования и проектирования воднотранспортных сооружений для стадий их возведения, эксплуатации, реконструкции и ремонта.

Ранее полномасштабное физическое моделирование (ввиду значительных технологических, материальных и методологических трудностей) для

решения поставленных задач не проводилось. В связи с этим приведенные в данной публикации данные представляются интересными, полезными и уникальными.

1.2. Многофункциональный экспериментальный стенд

Полномасштабное исследование и моделирование процессов вдавливания — извлечения стальных шпунтовых свай было основано на применении модульной координатной системы (МКС). Система МКС — концептуальное строительное оборудование, предназначенное для погружения строительных элементов методом вдавливания (Рис. 2). Основные преимущества системы: непрерывный мониторинг усилия вдавливания каждой погружаемой сваи в реальном времени и пространственных координатах, а также высокоточная система позиционирования.

Система МКС применяется при устройстве свайных фундаментов гражданских и промышленных зданий, шпунтовых оградительных сооружений, укреплении котлованов, стабилизации склонов. Система содержит в своей конструкции гидравлическую сваевдавливающую либо шпунто-

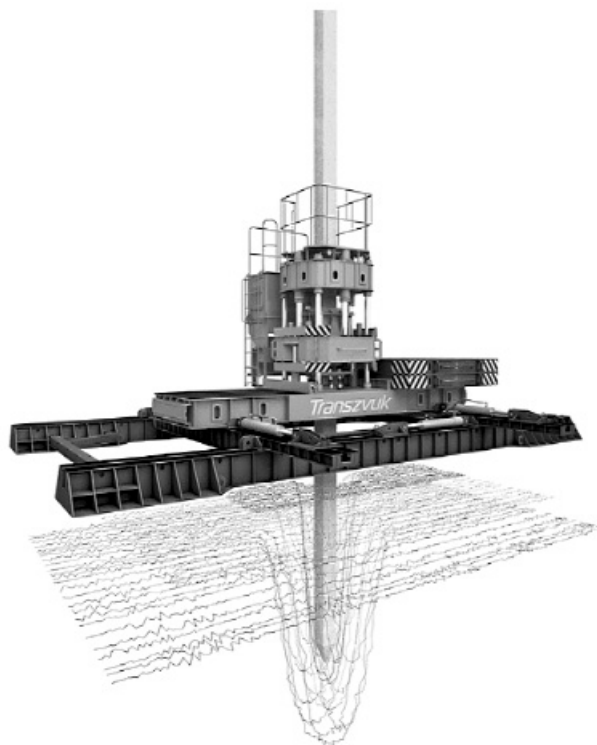


Рис. 2. Полномасштабная цифровая модель МКС

Таблица 2. Основные технические характеристики МКС

Автоматическое перемещение	двухкоординатное
Скорость перемещения	2,5 м/мин
Макс. усилие вдавливания	2 500 кН (250 тс)
Скорость вдавливания	1,5 - 3,5 м/мин
Макс. габарит шпунтовой сваи	500 мм
Производительность	40 свай в смену
Точность позиционирования	±10 мм

вочную машину [1, 2]. Модульная концепция системы обеспечивает высокоточное двухкоординатное перемещение сваевдавливательной машины в рабочей зоне модуля, а также по строительной площадке (при максимальной загрузке анкерными грузами) без необходимости переанкеровки и демонтажа/монтажа машины.

Сваевдавливательная машина, входящая в состав системы (рисунок. 2) предназначена для вдавли-

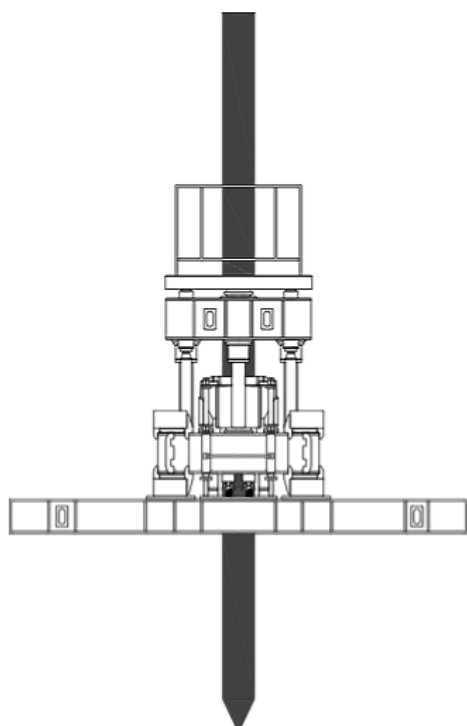


Рис. 3. Конструктивная схема сваевдавливательной машины модели СО-450

1 — вдавливаемая свая, 2 — система бокового клинового захвата, 3 — вдавливающая головка, 4 — верхнее ограждение, 5 — гидроцилиндры, 6 — грузовая рама

вания и извлечения железобетонных свай, труб и шпунтов габаритом не более 500 мм, при разных их длинах, с усилием вдавливания более 2000 кН. В конструкции машины реализован принцип бокового клинового захвата строительного элемента и его пошагового погружения в автоматическом и ручном режимах (Рис. 3).

Оборудование работает бесшумно, не оказывая динамического и вибрационного воздействия на грунт основания и соответствует самым высоким требованиям экологической безопасности. Сваевдавливательная машина используется в качестве стенда для проведения контрольного испытания свай, так как позволяет реализовать непрерывный мониторинг режимов погружения каждой сваи. Машина способна ступенчато по заданной программе передавать усилие на испытываемую сваю до 2000 кН. Перемещение сваи под нагрузкой фиксируется относительно неподвижной реперной системы. Данные мониторинга, подтвержденные результатами контрольных испытаний, позволяют гарантировать несущую способность каждой погружаемой сваи.

Сваевдавливательная машина в смонтированном виде представляет собой конструкцию, содержащую грузовую раму, станину с направляющими колоннами, вдавливающий и зажимной механизмы, гидроцилиндры рабочего и обратного хода, а также средства управления. Вдавливающий механизм машины представляет собой головку с размещенным в её центральной части центрирующим и зажимным механизмом, который в отличие от прототипов не только зажимает сваю, но и передаёт ей вдавливающее усилие не с торца, а через боковую поверхность. Вдавливающая головка машины выполнена из конструктивных элементов, каждый из которых кинематически связан с механизмом зажима и имеет возможность образования единой жесткой подвижной системы, обеспечивающую эффективную фиксацию и цикличное погружение строительного элемента в грунт независимо от его конфигурации и длины. Нагрузка от рабочих гидроцилиндров сосредоточена вдоль оси, проходящей через центр давления клиновых элементов, и совпадает с ней, а площадь зажимной губки рассчитана так, чтобы обеспечить условия, при которых боковое удельное давление на сваю всегда меньше удельной нагрузки на неё в поперечном сечении.

1.3. Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования по полному физическому моделированию силового взаимодействия шпунтовых свай в замковых соединениях при их вдавливании и извлечении, а также соответствующие лабораторные опыты проводились Одесским национальным морским университетом (кафедра "Морские и речные порты, водные пути и их техническая эксплуатация") совместно с компанией "Инженерный Центр Трансзвук" при содействии и научном сопровождении Международной Ассоциации по вдавливанию свай (International Press-In Association) и компании Гикен (Япония).

Исследования проводились на экспериментальном полигоне ИЦ "Трансзвук" вблизи побережья Одесского залива в июле 2009 г.

В качестве экспериментального стенда (рисунок 3) для моделирования процессов вдавливания и извлечения свайных элементов применялась гидравлическая сваевдавляющая машина СО-450 и модульная координатная система МКС.

Исследованиям были подвергнуты стальные шпунтовые сваи корытного профиля типа PU 32 (производство Арселор Миттал) с замковыми соединениями типа Ларсен (рисунки 5, 6).

В экспериментах использовались два свайных элемента (усеченные вдоль замковых соединений шпунтовые сваи упомянутого типа) с шириной полки 150 мм (рис. 5, 6). Один из элементов имел длину 10 м, другой — 5 м

1.4. Особенности проведения экспериментов

Более длинный свайный элемент рассматривался как базовый (фиксированный). Короткий же элемент погружался (вдавливался) в грунт и извлекался из грунта вдоль базового (замок в замок) и считался подвижным.

Благодаря предварительной подготовке (выравниванию) поверхностей замков сопротивление при взаимных перемещениях свайных элементов возникало только вследствие трения между грунтом и поверхностью замков и сопротивления грунта по концу подвижного свайного элемента.

Натурные опыты на экспериментальной площадке проводились с грунтами двух типов:

Тип 1. Естественное (существующее на площадке) грунтовое основание (глубина слоя более



Рис. 4. Многофункциональный экспериментальный стенд



Рис. 5. Замок шпунтовой сваи после ее извлечения



Рис. 6. Подвижный свайный элемент (справа), вдавливаемый и извлекаемый через замковое соединение фиксированного элемента

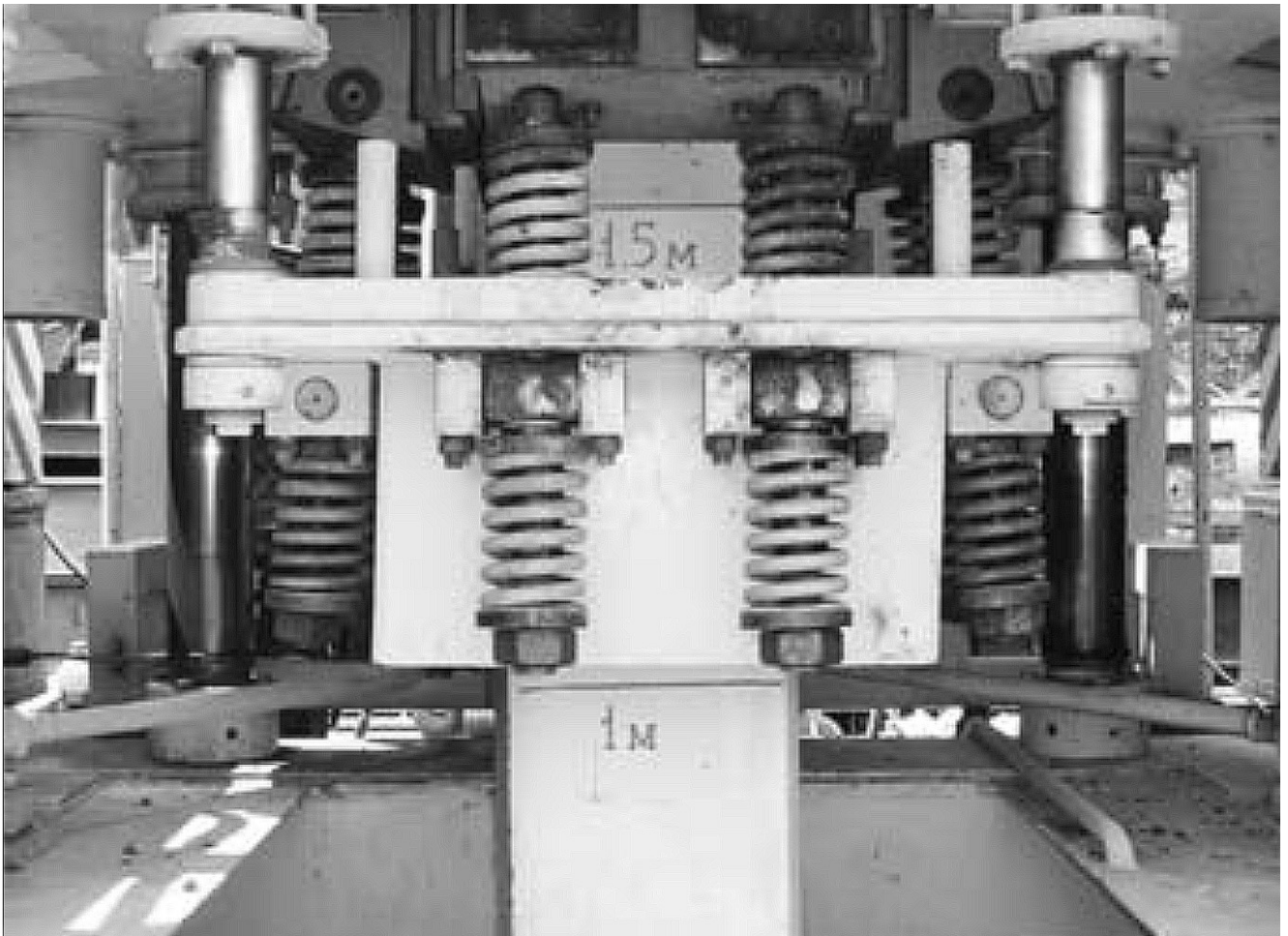


Рис. 7. Передача усилия в голове свайного элемента

10 м) — в основном насыпной/намывной грунт со следующими основными параметрами: плотность $11,0 \text{ кН/м}^3$, угол внутреннего трения 40° , сцепление отсутствует. Грунтовые воды присутствуют на глубине 1,85 м.

Тип 2. Модифицированный тип 1 путем замены верхнего слоя естественного грунта (на глубину от поверхности основания до уровня грунтовых вод) мелким песком со следующими основными параметрами: плотность $17,6 \text{ кН/м}^3$, угол внутреннего трения 34° , сцепление отсутствует. Плановые размеры такой песчаной колонны составляли $2500 \text{ мм} \times 2000 \text{ мм}$, а ее глубина 1850 мм; при этом ось замкового соединения базового свайного элемента совпадала с продольной осью песчаной колонны.

В процессе натурных полномасштабных экспериментов с элементами шпунтовых свай (при их вдавливании и извлечении) выполнялись измерения для построения зависимостей "продольная нагрузка — осевое перемещение". Были выполнены две серии опытов: по одной серии по вдавлива-

нию/извлечению шпунтовых свай "замок в замок" с каждым из двух упомянутых типов грунта (каждая серия состояла из трех аналогичных экспериментов).

Каждый эксперимент включал следующие этапы:

- * этап 1 — вдавливание базового элемента и его фиксация в грунтовом основании;

- * этап 2 — вдавливание подвижного элемента "замок в замок" вдоль базового элемента на максимально возможную глубину;

- * этап 3 — извлечение подвижного элемента "замок в замок" вдоль базового элемента;

- * этап 4 — извлечение базового элемента.

Второй эксперимент выполнялся в двух вариантах:

- * вариант 1 — песчаный грунт в замковых соединениях был той же плотности, что и окружающий сваи песчаный грунт

- * вариант 2 — песчаный грунт в замковых сое-

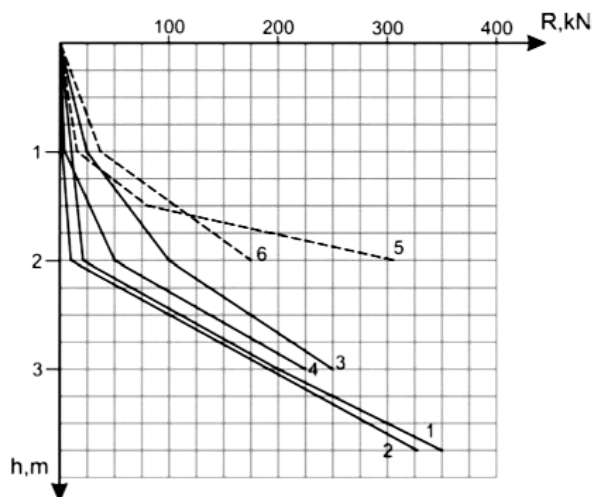


Рис. 8. Интенсивность сил трения (r , kN/m) в замковом соединении при погружении подвижной сваи в различных грунтовых условиях

- 1 — первая серия опытов;
- 2 — вторая серия опытов (вариант 1);
- 3 — вторая серия опытов (вариант 2)

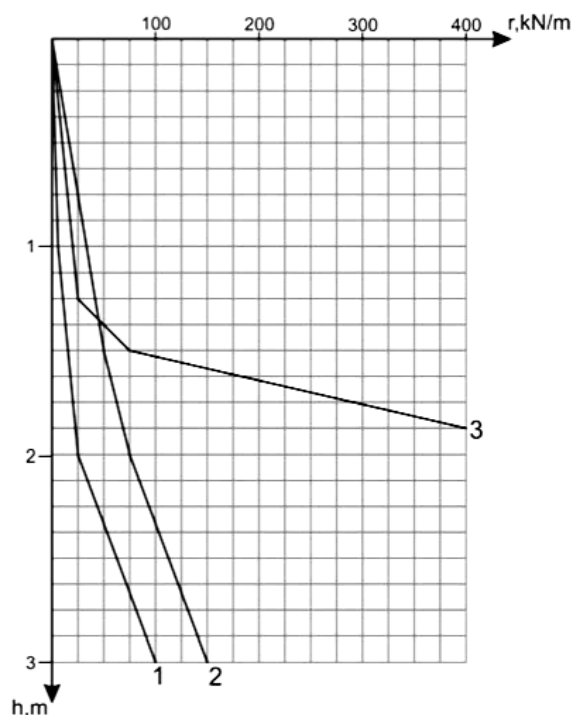


Рис. 9. Сила сопротивления (R , kN) погружению подвижной сваи в различных грунтовых условиях
1 — общее сопротивление при первой серии опытов;
2 — сила сопротивления за счет трения в замке при первой серии опытов;

- 3 — то же при второй серии опытов (вариант 1);
- 4 — то же при второй серии опытов (вариант 1);
- 5 — то же при второй серии опытов (вариант 2);
- 6 — то же при второй серии опытов (вариант 2).

динениях был повышенной плотности благодаря намыву в замки песчаной пульпы.

В ходе экспериментов определялись следующие параметры:

1) компоненты сопротивления грунта погружению и извлечению шпунтовых свай для грунта типа 1

* сопротивление по боковой поверхности сваи (силы трения);

* сопротивление под концом сваи (реакция грунта вдавливанию сваи);

* сопротивление в замках свай (при обоих направлениях относительных перемещений свай);

2) то же для грунта типа 2 (вариант 1);

3) то же для грунта типа 2 (вариант 2);

На рис. 8 и 9 приведены графики, относящиеся к наиболее интересному для предмета данной публикации параметру — сопротивлению грунта в замковых соединениях шпунтовых свай.

1.5. Выводы по результатам экспериментов

Из результатов проведенных полномасштабных натурных опытов можно сделать следующие основные выводы:

* силы трения в замковых соединениях шпунтовых свай корытного профиля играют существенную роль во взаимодействии элементов системы "свая — грунт", достигая 60-90% общего сопротивления вдавливанию сваи в грунт; вклад сил трения в суммарную величину сопротивления возрастает с увеличением глубины погружения шпунта (указанный количественный интервал определен для свай и грунта, использованных в натурных экспериментах);

* результирующая сила трения и ее интенсивность нелинейно возрастают по мере вдавливания одной сваи относительно другой "замок в замок"; характер такой нелинейной зависимости может

быть описан гиперболической функцией;

* замена верхнего слоя первоначального (естественного) грунта основания выше уровня грунтовых вод мелким песком вызвала значительный рост сопротивления грунта погружению свай вдоль замка (до 2,5 раза), главным образом, благодаря развитию сил трения;

* дополнительное уплотнение песка в замковом соединении базового (фиксированного) элемента гидравлическим методом перед погружением "замок в замок" подвижного элемента вызвало резкий рост сопротивления грунта вдавливанию свай.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили получить новую информацию об особенностях взаимодействия стальных шпунтовых свай корытного профиля с грунтовой средой, в частности, об условиях развития сил трения в замковых соединениях свай при их вдавливании в грунтовое основание. Методика выполнения экспериментов с применением реального сваевдавляющего строительного оборудования позволила определить основные параметры сопротивления грунта вдавливанию шпунтовой сваи, а также влияние вида грунтов и их физических характеристик на исследуемые процессы.

Измеренные в ходе лабораторных экспериментов параметры системы "шпунтовые сваи — грунтовая среда" позволяют для сравнительно небольших интервалов (по сравнению с ранее рассмотренными натурными опытами) приложенной вдавливающей силы определить взаимные перемещения шпунтовых элементов. Выявлено подобие графиков зависимости "сила сопротивления — смещение сваи", полученных в лабораторных и натурных экспериментах. Это подтверждает возможность использования опытных графиков для создания математической модели исследуемой системы в широком диапазоне нагрузок и перемещений для описания особенностей влияния сил трения на работу замковых соединений шпунтовых свай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент України № 93343 на винахід, "Система для вдавливания паль" Мещеряков Г. Н., Вакулин Н. А., Заявка № а 2005 10148 от 28.10.2005, Дата публікації 10.05.2007, Бюл. №3, 2011р.
2. Патент Российской Федерации на полезную модель, №59646, "Система для вдавливания свай" Мещеряков Г. Н., Вакулин Н. А., Приоритет 30.01.2006 г. Бюл. изобр. № 36, 2006 г.
3. Meshcheriakov N.G., Meshcheriakov G.N., Vakulin A.A., Vakulin N.A. 2008. Piling and testing equipment. *Proceedings of the 8th International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles*. 245-248 Lisbon. IOS Press. Pp. 44 — 56.
4. Doubrovsky M.P., Poizner M.B., Meshcheriakov G.N. 2009. Improvement of monitoring, design and constructing of piled structures located at the base of soil slopes. *The Academia & Practice of Geotechnical Engineering. Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Alexandria, Egypt. Pp. 2609-2612.

АНОТАЦІЯ

Розглянута специфіка роботи замкових з'єднань шпунтових стін при використанні паль коритного профілю. Проведено повномасштабні експерименти на будівельному майданчику з використанням технології вдавлення паль. Отримані дані щодо розподілу сил тертя у замках шпунтових паль.

Ключові слова: шпунтова паля, замкове з'єднання, повномасштабне моделювання, занурення паль вдавлюванням, палевдавлювальна машина.

ANNOTATION

Peculiarities of interlocks of sheet piling walls made of U-profile piles are considered. Full-scale experiments at the construction site by press-in method were provided. There were obtained results on friction forces distribution in the sheet piles interlocks.

Keywords: tongue-and-groove pile, castle connection, full-scale modeling, immersion of piles by cave-in.

УДК 691.175:699.8

*М.В. Суханевич, к.т.н., доцент, КНУБА, м. Київ***ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ІН'ЕКЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ
НА ОСНОВІ ПОЛІЗОЦІАНАТНИХ
КОМПОЗИЦІЙ ТА КОМПОЗИЦІЙНИХ
ЦЕМЕНТІВ****АНОТАЦІЯ**

Встановлено можливість використання мінерально-поліізоціанатних композицій у ін'єкційних розчинів з метою підвищення водонепроникності і щільності бетонних конструкцій. Проведено оптимізацію складу композиційного цементу та встановлено, що максимальною міцністю як у ранні, так і у пізні строки твердіння характеризуються цементи, що складаються з 30% золи-винесення, 40% шлаку, 5% природного цеоліту та 25% портландцементу.

Ключові слова: ін'єкційні розчини.

Підвищення водонепроникності бетонних і залізобетонних конструкцій, які працюють в умовах постійної або перемінної дії води, на сьогоднішній день є вкрай важливим питанням для будівельників. В сучасних умовах, коли стихійні лиха і техногенні катастрофи трапляються все частіше, коли підтоплюються цілі села і міста, відмовляють гідротехнічні споруди, підвищення надійності масивних споруд є питанням національної безпеки.

Для гідроізоляційного захисту бетонних і залізобетонних конструкцій використовують матеріали на цементній основі різного способу нанесення — обмазувальні, штукатурні, просочувальні, ін'єкційні [1]. Просочувальну (проникну) та ін'єкційну гідроізоляцію можна віднести до об'ємної гідроізоляції завдяки тому, що вони взаємодіють з матеріалом основи конструкції, на яку нанесені, стають її невід'ємною частиною і в подальшому працюють як єдине ціле.

Для багатьох масивних конструкцій, таких як дамби, греблі, тунелі, резервуари, колектори, градирні, єдиним рішенням проблеми відновлення їх несучої здатності є надання бетону і залізобетону потрібних експлуатаційних характеристик шляхом його зміцнення і відновлення цілісності: нанесенням на поверхню гідроізоляційних покриттів або введенням всередину конструкції ін'єкційних

розчинів. Оброблені конструкції здатні перешкоджати вертикальному переміщенню вологи, створюючи на шляху води відштовхувальний бар'єр. Широкого застосування набули цементні, бітумні та полімерні розчини на основі епоксидних, фурано-епоксидних, карбамідних, сланцевих смол, поліуретанових і акрилатних гелів [2].

Кожна із згаданих систем характеризується своїми недоліками та перевагами. Так, розчини на основі полімерних в'язучих речовин мають високу міцність, стійкість в агресивному середовищі, регульовану в'язкість. Проте вони мають певні недоліки: недостатню адгезію до вологого бетону основи, високу крихкість, нестійкість до механічних дій, динамічних навантажень, мають обмежену довговічність, не завжди екологічно безпечні при використанні та досить дорогі [2].

Ін'єкційні розчини на основі мінеральних в'язучих речовин (портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистий цемент, мікроцемент тощо) характеризуються високою механічною міцністю, адгезією до вологого бетону, близькими коефіцієнтами лінійного розширення, що визначає сумісність матеріалів у системі "бетон-ремонтний розчин" і зумовлює їх довговічність. Розчини на основі мінеральних в'язучих систем характеризуються також невисокою вартістю, недифіцитністю та дешевизною сировинних компонентів, екологічною безпечністю при проведенні робіт з ін'єктування, проте мають низьку в'язкість, еластичність, що не дозволяє ремонтувати динамічно навантажені конструкції з шириною розкриття тріщин більше 1 мм.

Необхідність створення ін'єкційних розчинів, які б мали всі позитивні властивості цементів і полімерів і були позбавлені їх недоліків, привела до розгляду можливості спільного використання цементних систем з полімерними компонентами, які б тверділи і мали підвищену адгезію до старого бетону в умовах підвищеної вологи і дії води. Вказаним вимогам відповідають полімерні композиції на основі ізоціанатів [3].

Роботи з ін'єктування здійснюються шляхом закачування суміші самопливом або під тиском в зону контакту "грунт-конструкція", "конструкція-конструкція" через спеціальні пристосування (пакери) на необхідну глибину.

Композиції на основі ізоціанатів відрізняються здатністю взаємодіяти з вологою, яка знаходиться на поверхні бетону, утворюючи досить міцне покриття, тому для їх застосування не потрібна спе-

ціальна підготовка поверхні бетонних виробів, її додаткове зволоження.

Так, ізоціанати хімічно зв'язують воду, яка знаходиться в капілярах та інших дрібних дефектах структури бетону, що сприяє виникненню зони зниженого тиску в порожнинах бетону і збільшує капілярний ефект, забезпечуючи заповнення їх реакційно здатними новоутвореннями.

Для ремонтних композицій найбільш перспективними вважають поліізоціанати, оскільки вони є водоредукуючими речовинами і активно зв'язують воду, що знаходиться в порах, порожнинах, дефектах і тріщинах бетону, з утворенням міцних, водостійких зв'язків. Створений при цьому знижений тиск в порожнинах буде, найімовірніше, сприяти заповненню внутрішнього простору ремонтної конструкції.

Відомі ін'єкційні композиції на основі поліізоціанатів, розчинів силікату натрію, різних міжфазних каталізаторів, пластифікаторів і поверхнево-активних добавок (ГКЖ-10 і ГКЖ-11) [4]. Розроблені силікат-ізоціанатні композиції характеризуються високою міцністю, адгезією до водонасиченого бетону. Однак мають багатокомпонентний склад, високу вартість і недостатню екологічну безпеку виконання робіт. Питання довговічності композицій і захищених ними конструкцій також залишаються не до кінця вивченими.

Отримано позитивний досвід використання поліізоціанатів в якості модифікаторів лужних портландцементів і геоцементів в НДІВМ ім. В. Д. Глуховського (КНУБА). Розроблені композиційні матеріали характеризуються високою міцністю, водонепроникністю, морозостійкістю, здатністю тверднути і набирати міцність при від'ємних температурах [5,6].

Теперішній час диктує свої вимоги до будівельних матеріалів і не на останньому місці стоїть їх екологічна безпека. Відомо, що виробництво цементу забезпечує близько 7% загальної емісії CO_2 в атмосферу, тому відповідно до основних ідей Концепції сталого розвитку та Кіотського протоколу він повинен бути замінений в'язучими речовинами нового покоління з меншою енергоємністю і більшою ефективністю. До таких в'язучих відносяться композиційні цементы, в яких поряд з клінкером використовуються відходи промисловості: доменні гранульовані шлаки, зола-винесення та природні мінеральні добавки [7].

Аналіз досліджень щодо використання окремо поліізоціанатних систем та цементних розчинів

для ремонту та відновлення бетонних конструкцій різного ступеня зволоження дозволить висунути гіпотезу про можливість сумісного використання даних матеріалів з метою розробки ін'єкційних розчинів. Реалізація наукових припущень дозволить отримати полімерно-мінеральні розчини з заданими показниками в'язкості, міцності, адгезії, прогнозованої довговічності та підвищить екологічну безпеку матеріалів за рахунок усунення з використання полімерних затверджувачів, які є найбільш токсичними і небезпечними. Крім того, використання у якості цементної складової композиційних цементів, що складаються з відходів виробництва, — паливних зол і доменних гранульованих шлаків та природних цеолітів, — дозволить знизити вартість і підвищити екологічність в'язучих систем. За рахунок того, що продукти гідратації композиційних цементів представлені низькоосновними силікатами кальцію, які є більш довговічними та стійкими до впливів агресивного сульфатного середовища ніж гідратні новоутворення цементного каменю, а наявність поліізоціанатів приведе до формування орґано-мінеральних комплексів на основі силікатів кальцію, це дозволить одержати ін'єкційні розчини більшої довговічності та надійності.

Метою роботи є встановлення можливості одержання ін'єкційних розчинів для відновлення бетонних конструкцій на основі композиційних цементів та ізоціанатних полімерних речовин, вивчення механізму взаємодії полімерних і мінеральних компонентів розчинів, дослідження технологічних та фізико-механічних властивостей розроблених матеріалів.

Попередніми дослідженнями встановлено, що використання у якості мінерального компонента цементно-поліізоціанатних покриттів композиційних цементів дозволяє отримати зразки з високими показниками механічної міцності при повній водонепроникності покриття [8].

З метою створення ін'єкційних цементно-ізоціанатних розчинів були досліджені системи на основі композиційних цементів двох типів КЦ V/A (*) і КЦ V/Б(**) (за ДСТУ Б В.2.7-46-96), склад яких представлений у таблиці 1.

В якості мінеральних складових використовували портландцемент ПЦ І — 500 (ДСТУ Б.В.2.7-46-96), доменний гранульований шлак Криворізького металургійного комбінату, у якості пуцоланової добавки застосовували: золу-винесення Три-

Таблиця 1 Склад досліджуваних мінеральних композицій

№	Склад мінерального компонента цементно-поліізоціанатної композиції, мас. %			
	Портландцемент ПЦ І-500	Доменний гранульований шлак	Зола-виносу	Цеоліт природний
1*	50	30	15	5
2**	30	40	25	5
3	100	-	-	-
4	-	-	100	-
5	-	100	-	-

пільської ТЕС та природний цеоліт Сокирицького родовища (Закарпаття).

Полімерна складова композиції представлена поліізоціанатом Д (ТУ 113-03-78222701), що містить 50% олігомерів та 30% ізоціанатних груп.

Розчини для ін'єктування готували змішуванням мінеральної і полімерної складової в пропорції 1:1 за об'ємом. Досліджували в'язкість отриманих композицій по розливу кільця Віка (ДСТУ-П Б.В.2.7-126: 206) і міцність розчинів, що тверднули в повітряно-сухих та вологих умовах у зразках-кубах 2х2х2 см. Визначення міцнісних властивостей зразків-кубів 2х2х2 см проводили за стандартними методиками випробувань згідно з нормативними документами.

З метою оптимізації складу цементно-поліізоціанатних матеріалів було досліджено міцність зразків на основі поліізоціанату та композиційного цементу різного складу з використанням математичних методів планування експерименту, а саме двофакторного дворівневого плану.

У якості змінних факторів використовували вміст шлаку у складі композиційного цементу (X_1) та вміст золи-винесення (X_2). Функцією відгуку було прийнято границю міцності при стиску зразків 2х2х2 см, які тверділи протягом 7 (рисунк 1) та 28 діб (рисунк 2) у повітряно-сухих та вологих умовах.

Аналіз отриманих залежностей дозволяє встановити оптимальний склад мінеральної складової цементно-поліізоціанатних композицій виходячи з максимальної міцності зразків. Так, для зразків, що тверділи і в повітряно-сухих, і у вологих умовах максимальною величиною міцності характеризуються склади композиційного цементу, що містить

12-14 % золи-винесення та 40% шлаку ($R_{ст}=2,02$ МПа та $R_{ст}= 2,5$ МПа відповідно у повітряно-сухих та вологих умовах). Крім того, достатньо високими показниками міцності ($R_{ст}=2,0$ МПа та $R_{ст}=2,2$ МПа відповідно у повітряно-сухих та вологих умовах) характеризується склад композиційного цементу: 28-30% золи та 40% шлаку. Однак, остання композиція відрізняється і найвищими показниками міцності у віці 7 діб при твердінні у повітряно-сухих ($R_{ст}=1,6$ МПа) і у вологих умовах ($R_{ст}=2,35$ МПа). Видно, що композиція з максимальним вмістом золи-винесення і шлаку має постійну величину міцності, починаючи з ранніх строків до терміну набору проектної міцності.

Отже, у якості оптимального складу вибрано склад мінеральної складової композиційного цементу, що містить 30% золи-винесення та 40% шлаку, 5 % природного цеоліту та 25% портландцементу.

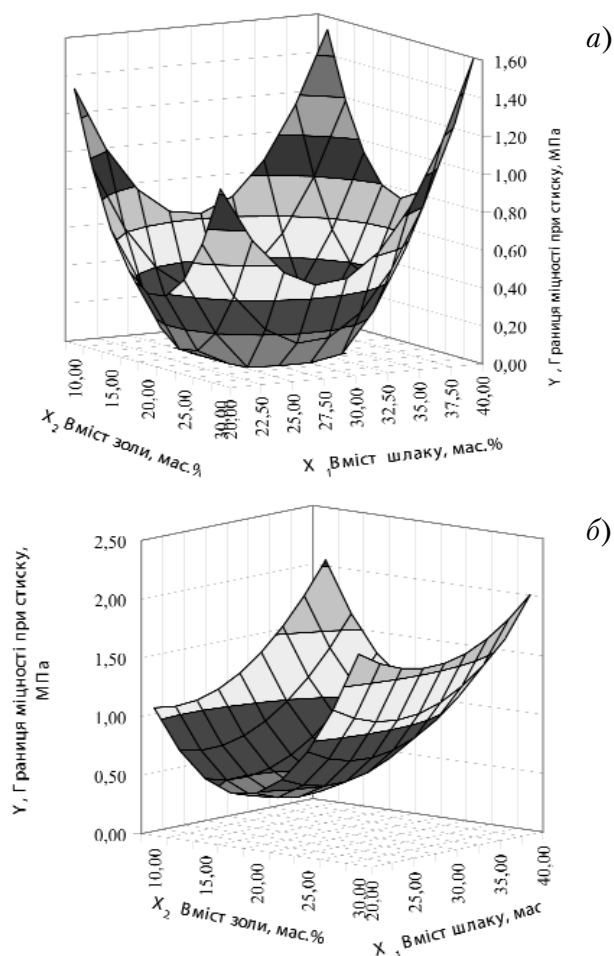


Рис. 1. Ізопараметричні діаграми зміни міцності цементно-поліізоціанатних зразків через 7 діб твердіння у повітряно-сухих (а) та водних умовах (б) залежно від вмісту шлаку і золи в композиційних цементах

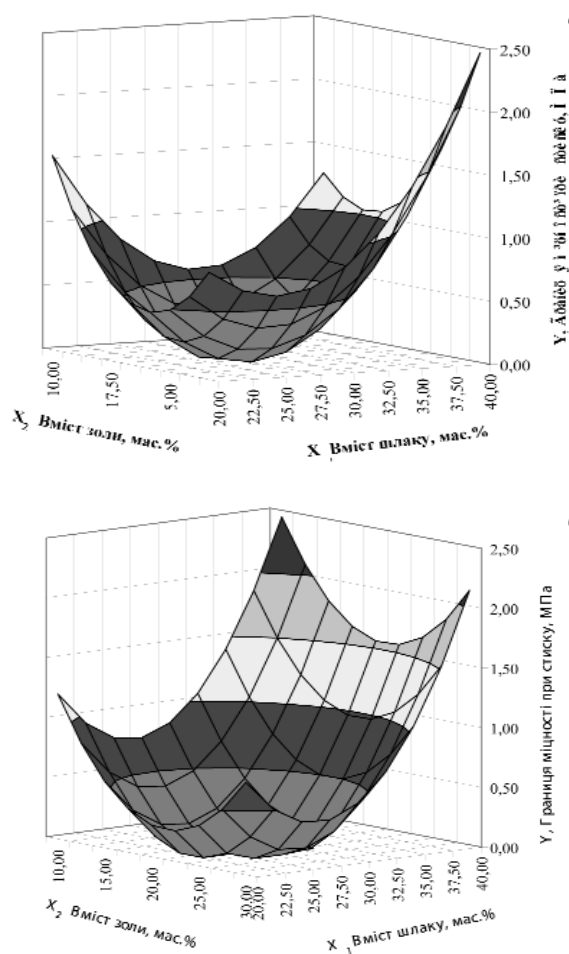


Рис. 2. Ізопараметричні діаграми зміни міцності цементно-поліізоціанатних зразків через 28 діб твердіння у повітряно-сухих (а) та водних умовах (б) залежно від вмісту шлаку і золи в композиційних цементах

Вибраний склад композиційного цементу, крім того, що характеризується найвищими показниками міцності як у ранні (7дб), так і пізні строки твердіння (28 діб), ще відрізняється повною водонепроникністю.

У результаті досліджень встановлено можливість використання мінерально-поліізоціанатних композицій у ін'єкційних розчинах з метою підвищення водонепроникності і щільності бетонних конструкцій.

Проведено оптимізацію складу композиційного цементу як мінеральної складової ін'єкційних розчинів та встановлено, що максимальною міцністю як у ранні, так і у пізні строки твердіння незалежно від умов (повітряно-сухі або вологі) характеризуються композиційні цемента, що складаються з 30% золи-виносу, 40% шлаку, 5% природного цеоліту та 25% портландцементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Современные гидроизоляционные материалы / Войтов А.И., Козачук В.Л., Лайкин В.В., Шкуратовский А.А. — К.: АО "Мастера", 2006. — 192 с.
2. Попченко С.М. Гидроизоляция сооружений и зданий. - Ленинград: Стройиздат, 1981-304 с.
3. Керча Ю.Ю. Физическая химия полиуретанов. - К.: Наукова думка, 1979.- 223с.
4. Шаршунов А.Б. Инъекционные композиции для восстановления эксплуатационных свойств бетона гидротехнических сооружений. Дис....канд. техн. наук: 05.23.05. — К., 1993.- 175 с.
5. Щелочные цементы, модифицированные органическими соединениями //Кривенко П.В., Петропавловский О.Н., Гелевера А.Г., Мохорт Н.А.// "Цемент и его применение", 2000.-№6.-С.31-36.
6. Полімерсилікатні композиції на основі поліізоціанатів для захисту бетонних виробів і споруд// Петрикова Є.М., Шейніч Л.О., Мельник І.В., Капась І.В.//Зб. наук. праць "Ресурсоекономі мат-ли, констр., будівлі і споруди".-Рівне, РДТУ,2001. - Вип.7.- С.64-71.
7. Суханевич М.В. Инъекционные растворы для восстановления бетонных конструкций на основе цементно-изоцианатных композиций // Суханевич М.В., Разумова О.Е // Вісник ОДАБА, Одеса, Зовнішнєрекламсервіс, 2011.- Вип.43.- С.329-335.

АННОТАЦІЯ

Установлена возможность использования минерально-полиизоцианатных композиций для инъекционных растворов с целью повышения водонепроницаемости и плотности бетонных конструкций. Проведена оптимизация состава композиционного цемента и установлено, что максимальной прочностью как в ранние, так и в поздние сроки твердения характеризуются цементы, состоящие из 30% золы-уноса, 40% шлака, 5% природного цеолита и 25% портландцемента.

Ключевые слова: инъекционные растворы.

ANNOTATION

Work is devoted use possibility mineralno- isocyanate compositions for injection for the purpose of increase of water resistance and density of concrete cjnstraction. Optimization of structure of composite cement is spent and is established that the maximum strength both in early, and in late terms hardening characterizes the cements consisting of 30 % of fly-ashes, 40 % of slag, 5 % of natural zeolite and 25 % portlandcement.

Keywords: injection solution

УДК 691.5

*Ю.Г. Гасан, к.т.н., проф.; Д.А. Кириленко,
КНУБА, м. Київ*

ОЦІНКА ВОДОСТІЙКОСТІ СУХИХ ГІПСОВМІЩУЮЧИХ МОДИФІКОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ОЗДОБЛЕННЯ ФАСАДІВ

АНОТАЦІЯ

Наведені деякі результати досліджень гіпсовміщуючих штукатурних сумішей для оздоблення фасадів та запропоновано оптимальний склад суміші.

Ключові слова: гіпсові штукатурні суміші.

Останнім часом проблема економії природних ресурсів у всьому світі стала однією з найактуальніших. Вона торкнулась багатьох сфер людської діяльності, але в першу чергу — енергофактивного будівництва. Так, у багатьох європейських країнах прийнято ряд законів стосовно нового будівництва, які покликані зменшити витрати енергоносіїв на опалення та гаряче водопостачання будинків і зобов'язують використовувати для цього регенеративні джерела енергії.

Висока енергоємність виробництва будівельних матеріалів і вартість зведення та експлуатації житла обумовлюють завдання науки і техніки сьогодення. Одним із напрямків діяльності є розроблення енергозберігаючих технологій та ефективних будівельних виробів, які забезпечують зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів на їх виробництво та при експлуатації будинків з їх використанням. Освоєння таких технологій та збільшення обсягів виробництва і використання ефективних виробів сприятиме енергетичній незалежності держави.

Гіпсові матеріали та вироби з кожним роком знаходять все більше застосування в сучасному будівництві. В порівнянні з бетонами та будівельними розчинами на основі портландцементу, будівельною керамікою та металами виробництво і використання гіпсових будівельних матеріалів пов'язане з порівняно низькими витратами палива та енергії. Питомі витрати енергії на виробництво 1т портландцементу складають 2400 кВт/год, цег-

ли — 1760 кВт/год і гіпсових будівельних виробів — 1200 кВт/год.

Штукатурні суміші представлені дуже широкою гамою від тривіальних цементно-піщаних розчинів з лімітованою крупністю піску до складних декоративних систем, модифікованих поліфункціональними комплексними добавками.

Для проведення штукатурних робіт на сучасному рівні в залежності від того, як будуть оздоблювати поверхню і яка кінцева мета робіт, використовують не одну універсальну суміш, а різні спеціалізовані суміші.

Для внутрішніх робіт у приміщеннях із нормальним вологісним режимом застосовують штукатурні суміші на основі гіпсу. Переваги гіпсових штукатурок:

- швидке тужавлення і твердіння (час повного затвердіння — 2 ... 4 год);

- відсутність усадочних деформацій (гіпсові в'язучі речовини при твердненні дещо розширюються);

- можливість отримання високоякісних покриттів у температурно-вологісних умовах, що викликають швидке висихання суміші;

- світлий тон штукатурки, який полегшує подальше забарвлення;

- високі повітро- та паропроникність, а також створення сприятливого мікроклімату в приміщенні.

Гіпсовим штукатурним сумішам, залежно від температури приміщення, потрібно для висихання 4-8 діб (традиційній цементно-вапняній штукатурці для повного висихання необхідно два-три тижні).

Також до переваг гіпсової штукатурки потрібно віднести її економічність. Гіпсові суміші машинним способом наносять дуже швидко (за день силами однієї бригади — від 50 до 100 м² поверхні).

Перспективним є виробництво сухих гіпсовміщуючих сумішей, які можна застосовувати не тільки при виготовленні штукатурних розчинів для внутрішнього оздоблення, а також в приміщеннях з високою вологістю і для оздоблення фасадів. Але цьому перешкоджає низька водостійкість гіпсових виробів та невисокі показники міцності.

Волога є основною причиною руйнування конструкцій у будь-якій будівлі. Шляхи проникнення вологи досить чисельні (пряме зволоження, капілярне просочування, висока вологість повітря, тощо), тому здатність протистояти дії вологи є од-

Таблиця 1. Рівні варіювання незалежних змінних

Фактори (найменування)	Одиниці виміру	Код	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
			-1	0	+1	
Добавка 1	%	X1	0,1	0,2	0,3	0,1
Добавка 2	%	X2	0,5	1	1,5	0,5

ним з важливих чинників при виборі будівельних матеріалів.

За таких умов експлуатації доцільним є застосування змішаних ГЦП в'язучих речовин, а також КГВ- композиційних гіпсових в'язучих речовин та ВГНВ- водостійких гіпсових в'язучих речовин низької водопотреби, розробкою яких зайняті певні наукові школи [1,2,3,4,5,6].

Також одним з варіантів водостійких гіпсовміщуючих в'язучих є зоологісоцементна в'язуча речовина (ЗГЦВ), яка була розроблена в Київському національному університеті будівництва і архітектури у 1996 році. Особливістю такого в'язучого є те, що воно містить золу-винесення ТЕС у кількості, більшій ніж спільний вміст портландцементу і гіпсової в'язучої речовини [5].

Тому розробка нових складів сухих гіпсовміщуючих сумішей підвищеної міцності та водостійкості на осові гіпсової в'язучої речовини β-модифікації, що не містить у своєму складі портландцемент, безперечно актуальна.

Сучасні сухі будівельні суміші — багатокомпонентні органомінеральні системи, в яких високомолекулярна органічна складова представлена цілим рядом речовин: ефіри целюлози, сополімери вінілових ефірів, полімерні та целюлозні волокна тощо.

У рамках даних досліджень були вивчені деякі реологічні та механічні властивості композиційних матеріалів, отриманих із сухих гіпсовміщуючих сумішей, а також вплив на ці властивості введених в суху суміш органічних складових.

Однією з основних задач дослідження було підвищення водостійкості гіпсовміщуючих штукатурних сумішей, які раніше використовували для внутрішнього оздоблення приміщень за рахунок введення модифікуючих добавок. Базовий склад досліджуваної суміші включав гіпсову в'язучу речовину, мінеральні наповнювачі та полімерні добавки.

Для підтвердження теоретичних даних і визначення оптимального складу штукатурних сумішей був застосований двофакторний метод математичного планування експерименту на зразках із

гіпсовміщуючої штукатурної суміші. У якості параметрів прийнято вміст добавок, що підвищують водостійкість: X1- добавка 1 (натрієва сіль олеїнової кислоти) і X2- добавка 2 (сopolімер вінілацетату і етилену).

Параметрами оптимізації був показник коефіцієнта розм'якшення у віці 28 діб тверднення. Рівні варіювання незалежних змінних наведені в таблиці 1.

Результати випробувань зразків гіпсовміщуючих штукатурних сумішей у відповідності з планом проведення експерименту наведені в таблиці 2.

У результаті математичної обробки експериментальних даних отримані наступні рівняння регресії, що характеризують вплив перелічених факторів на міцнісні показники в'язучих:

Рівняння регресії у загальному вигляді

$$Y_{\text{роз}} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_{11} + b_{22}X_{22} + b_{12}X_1X_2$$

Коефіцієнт розм'якшення у віці 28 доби тверднення:

$$Y_{\text{роз}} = 0,841 + 0,04X_1 + 0,057X_2 - 0,027X_{11} - 0,017X_{22} + 0,015X_1X_2$$

Ізопараметрична діаграма коефіцієнта розм'якшення при зміні вибраних факторів наведена на рисунку 1.

Отримана модель дає змогу якісно і кількісно оцінити вплив кожного із досліджуваних факторів на параметр оптимізації, а їх адекватність свідчить

Таблиця 2. Матриця та результати досліджень гіпсовміщуючих штукатурних сумішей з добавками 1 та 2

В/Г	Вміст добавок		Водостійкість у віці 28 діб тверднення
	добавка 1	добавка 2	
0,39	0,3	1,5	0,9
0,41	0,3	0,5	0,76
0,45	0,1	1,5	0,81
0,46	0,1	0,5	0,73
0,4	0,3	1	0,87
0,45	0,1	1	0,75
0,42	0,2	1,5	0,88
0,45	0,2	0,5	0,76
0,43	0,2	1	0,85

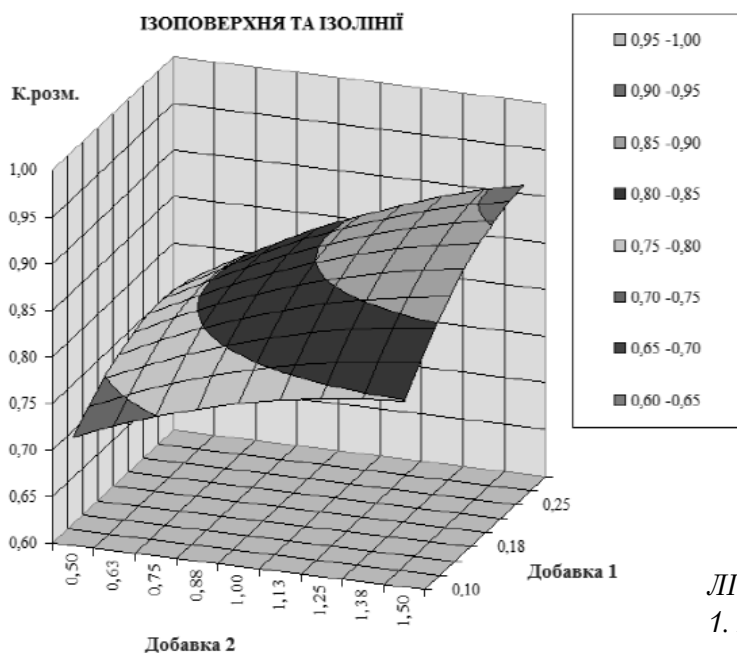


Рис. 1. Ізопараметрична діаграма коефіцієнта розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення

про те, що фактори, які не ввійшли в експеримент, не суттєво впливають на коефіцієнт розм'якшення досліджуваних зразків.

За результатами випробувань встановлено, що для базового складу штукатурної суміші $K_{розм.} = 0,62$. Показана на рисунку 1 діаграма, відображає вплив X_1 добавки 1 (0,1 – 0,3% від маси суміші) та X_2 добавки 2 (0,5 – 1,5% від маси суміші) на водостійкість досліджуваних зразків. Діаграма коефіцієнта розм'якшення при зміні вибраних факторів у віці 28 діб тверднення показує, що при мінімальних значеннях $X_1 = 0,1$ та $X_2 = 0,5$ водостійкість базового складу збільшується до ($K_{розм.} = 0,73$). Водостійкість збільшується пропорційно збільшенню показників X_1 та X_2 , що відображено в таблиці 2 та на ізопараметричній діаграмі рисунка 1. При максимальних значеннях $X_1 = 0,3$ та $X_2 = 1,5$ зафіксований максимальний показник водостійкості ($K_{розм.} = 0,9$), що відносить розроблену композицію до водостійких матеріалів ($K_{розм.} > 0,75$). Міцність зразків при стиску на 28 добу тверднення у вологих умовах становить від 8 до 12 МПа. Слід зазначити, що при введенні добавок в кількості більше запропонованих меж міцність зразків зменшується та суттєво підвищується вартість виробу.

Таким чином, аналіз ізопараметричної діаграми з урахуванням сумісного впливу всіх розглянутих факторів показує, що отримано водостійку гіпсовміщуючу штукатурну суміш для оздоблення фасадів будівель та приміщень з вологим режимом експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Будников П.П. К вопросу водостойкости гипсовых строительных изделий и ее повышение / П.П.Будников, М.А.Матвеев, К.М.Ткаченко. // Доклады Академии наук УССР, 1951.-№2. — С. 121-129.
2. Ребиндер П.А. Физико-химические основы водонепроницаемости строительных материалов / П.А.Ребиндер.- М.: Госстройиздат, 1953. -184с.
3. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В. Волженский, А.В. Ферронская. — М.: Стройиздат, 1974.-326с.
4. Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В. В'яжуче та бетон з його використанням. Патент України № 9512А, 30.09.1996, бюл. №3.
5. Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В., Азнаурян І.О., Бондаренко С.В., Білокур Є.О. "Водостійка зологісоцементна в'яжуча речовина та вироби на її основі для зовнішнього опорядження будівель" Зб. "Сучасне промислове та цивільне будівництво", том 3, №3. ДНАБіА, 2007, с 149- 155.

АННОТАЦИЯ

Приведены некоторые результаты исследования гипсосодержащих штукатурных смесей для отделки фасадов и предложен оптимальный состав смеси.

Ключевые слова: гипсовые штукатурные смеси

ANNOTATION

Resulted results of researches of containing gypsum of clout mixtures for finishing of facades and optimum composition of mixture is offered.

Keywords: facing plaster mix.

УДК: 678.6/.7.002.25

Л.Г. Кучма, НИИСП, г. Киев

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

АННОТАЦИЯ

В статье дан анализ существующей нормативной документации, определены понятия и толкования показателей эксплуатационной надежности полимерных материалов строительного назначения.

Показаны ограничения и методы усовершенствования техники измерения цветоустойчивости полимерных строительных материалов.

Рассмотрены теоретические концепции и их развитие по определению эксплуатационной долговечности полимерных материалов под воздействием климатических факторов и силовых внешних воздействий.

Представлено практическое применение теории термофлуктуационного разрушения полимеров во время их эксплуатации на примере "Методики определения долговечности рулонных и листовых кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов".

Ключевые слова: долговечность, цветоустойчивость, методы определения, нормирование, оценка и анализ, показатели эксплуатационной надежности, полимерные строительные материалы, понятия и определения, стойкость к внешним воздействиям, стойкость к климатическим факторам, теории разрушения полимеров, техника измерений.

1. Общие положения

Рынок строительных полимеров - это разнообразная продукция по своему назначению, форме поставки к потребителю, внешнему виду, техническим характеристикам и технологиям применения на объекте.

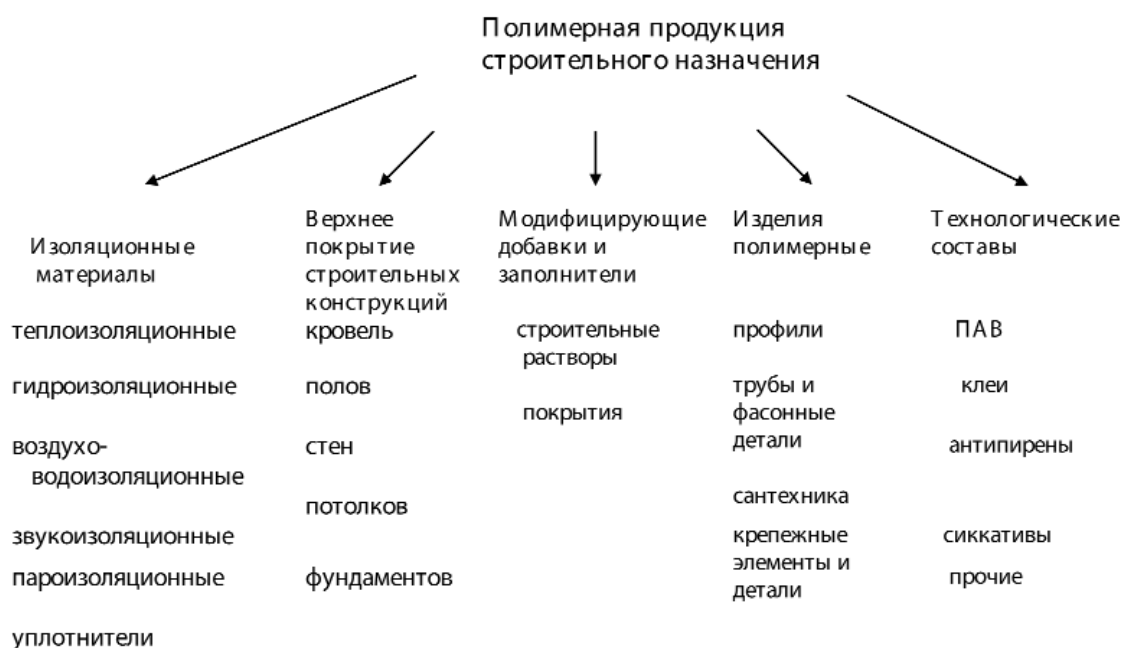
Полимерная продукция строительного назначения по своим функциям строго классифицирована нормативными документами.

Показатели эксплуатационной надежности входят в критерии технического уровня и стабильности того или иного вида полимерного материала и, как правило, это показатели:

- стойкость к климатическим факторам;
- цветоустойчивость;
- долговечность или срок службы.

В ГОСТ эти показатели часто вводили в ранг перспективных, иногда рекомендуемых по причине отсутствия методик, которые определяли реальные значения этих показателей.

Распределение рынка полимерной продукции



Эти показатели не новые, они постоянно востребованы, и есть определенное количество стандартов (на лакокрасочную продукцию, на кровельные материалы, на полимерные строительные материалы), которые посвящены нормированию показателей эксплуатационной надежности:

— ГОСТ 9.045-75 ЕСЗК. Покрытия лакокрасочные. Ускоренные методы определения светостойкости

— ГОСТ 9.401-91 ЕСКЗКС Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

— ГОСТ 9.707-81 ЕСЗК. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение

— ГОСТ 9.708-83 ЕСЗКС. Пластмассы. Методы испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов

— ГОСТ 6992-68 ЕСКЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод испытания на стойкость в атмосферных условиях

— ГОСТ 11583-74 Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты

— ISO 2440:91 Матеріали полімерні пористі, еластичні і жорсткі. Випробування на прискорене старіння

— ГОСТ 18956-73 Материалы рулонные кровельные. Методы испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов

— ГОСТ 9.710-84 ЕСКЗКС. Старение полимерных материалов. Термины и определения

— ГОСТ 21964-76 Внешние воздействующие факторы. Номенклатура показателей

— ГОСТ 26883-86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения

— ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах

2. Основные понятия и определения

Долговечность. В стандартах или технических условиях закладывается определенная норма, которая бы характеризовала надежность материала по таким показателям, как “гарантийный срок службы”, “условная долговечность”, “ресурс мате-

риала”, “срок эффективной эксплуатации”.

Стойкость к климатическим факторам включает определение теплостойкости, морозостойкости, водопоглощения, сорбционного увлажнения, циклической смены температур (циклы «замораживание/оттаивание»). Методики определения этих показателей известны и они входят в перечень физико-механических характеристик.

В основном соблюдаются принципы, предъявляемые к методам контроля показателей физических характеристик. Есть нюансы, неточности, неопределенности, что решается в процессе испытаний для конкретного вида материала.

Теплостойкость и морозостойкость принимают в НД как температурные условия эксплуатации полимерного материала, а циклы «замораживание/оттаивание» — как стойкость материала к многократным изменениям температуры «минус» — «плюс».

Стойкость к климатическим факторам носит регламентированный характер. Правильно для потребителя этот важный показатель называть как долговечность к воздействию климатических факторов. Но на материал в процессе эксплуатации влияют и другие воздействия: солнечное излучение, осадки, ветер, кислород, озон, силовые воздействия, агрессивные среды.

При определении цветоустойчивости полимерных материалов в нормативных документах на конкретный вид полимерной продукции (в основном для отделочных и облицовочных материалов) закладывается норма не менее 30 часов при их облучении ксеноновыми лампами в соответствии с методикой, регламентированной ГОСТ 11583-74 «Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты».

3. Оценка существующих методик по определению показателей надежности полимерных материалов

а) долговечность

— необходимость выполнения предварительных испытаний, оценивающих разными критериями пригодность материала для выполнения сложных дальнейших испытаний;

— необоснованность принятых жестких условий испытаний;

— перегрузка стандартов сложными формулами высшей математики обработку результатов и изменене направлений исследований в зависимости от промежуточных результатов;

— обобщенный характер положений и требований стандартов усложняет выбор методики под конкретное назначение того или иного полимерного материала без учета особенностей его эксплуатации;

— стандарты не предусматривают корреляции между результатами испытаний при воздействии природных и искусственно созданных климатических факторов и др.;

— в целом проанализированные существующие нормативные документы можно использовать для сравнительных тестовых оценок стойкости полимерных материалов к старению под воздействием природных или искусственно созданных климатических факторов. При этом нужна существенная детализация, уточнения и дополнения для каждого отдельного случая в зависимости от применения на объекте строительства, т.е. даже в этом случае нужно разрабатывать отдельные методики под конкретные виды материалов.

б) стойкость к климатическим факторам (климатическое старение)

Полимерные материалы, эксплуатирующиеся на воздухе, подвергаются климатическому старению, что влияет на их надежность и срок службы.

В нормативных документах и стандартах нужно уходить от многообразия понятий одного и того же термина «долговечность». Только его нужно придерживаться при разработке нормативного документа на полимерную продукцию. От термина «старение полимеров» тоже нужно уходить, а правильнее говорить о потере или стойкости эксплуатационных показателей при тех или иных климатических воздействиях, например, физико-технические характеристики кровельных материалов до и после длительного воздействия повышенной температуры.

Термин «старение» — это причина, в результате чего полимерный материал снизил свои первоначальные показатели. Таким образом, в нормативных документах следует апеллировать факторами климатического воздействия и результатами этого воздействия на материал.

Относительно стойкости к климатическим факторам правильно было бы называть долговечность полимерного материала при воздействии

климатических факторов и внешних воздействий (дождь, ветер, снег, температура, кислород, озон, туман, солнечное излучение).

в) цветоустойчивость

Среди наиболее распространенных дефектов, возникающих со временем в полимерных материалах и изделиях для отделки, облицовки, в конструкциях пластмассовых окон, — это изменение цвета поверхности светлых тонов под воздействием солнечного излучения в совокупности с другими климатическими факторами.

Это связано с изменением цветовых характеристик пигментов, а фотохимическая деструкция полимеров проходит в более позднее время, учитывая стабилизационные добавки, которые обязательно вводятся в технологические рецептуры при производстве продукции.

Если принять, что изменение свойств полимерных материалов во время эксплуатации в естественных условиях в той или иной климатической зоне в основном обусловлены действием солнечного излучения, а остальные факторы (дождь, ветер, снег, температура, кислород, озон) усиливают фотохимические превращения, то выбор источника светового излучения для искусственных испытаний приобретает большое значение.

Цветоустойчивость полимерных материалов обычно определяют экспериментальным путем, используя при этом аппараты искусственной погоды: везерометры, федеометры, ксенотесты (в зависимости от типа лампы освещения) типов: ИП-1-2, ИП-1-3, АИПСТ-2-4-2, АВК-2, ЧПК-2.

Все эти аппараты работают на искусственных источниках света: дуговые ртутные трубчатые лампы (ДРТ), ртутно-кварцевые лампы (ПРК), ксеноновые лампы, угольные дуговые лампы закрытого типа.

Эти лампы для проведения искусственных испытаний полимерных материалов не удовлетворяют основному требованию — идентичности спектрального состава естественному свету от природного источника излучения солнца.

Корректировку состава излучения в лампе достигают, применяя соответствующие светофильтры или комбинацию ламп. Но даже в этом случае результаты желают лучшего.

Источники излучения, в которых используется электрический разряд в ксеноне, приобрели наибольшую популярность (в сравнении с угольными

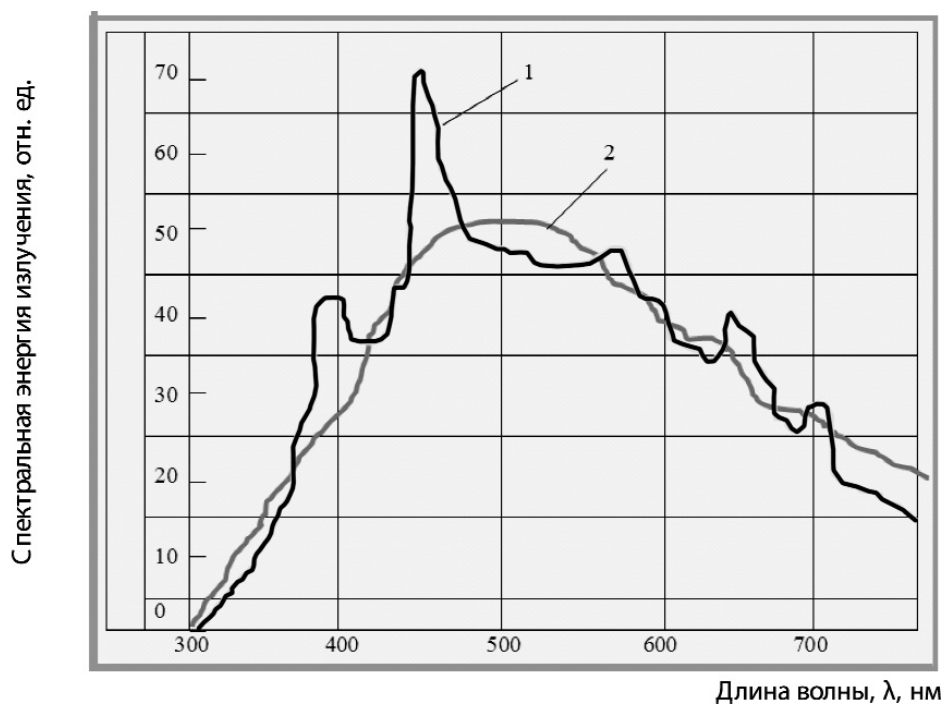


Рис. 1. Спектральное распределение энергии в излучении:

1-ксеноновая лампа после системы фильтров аппарата Ксенотест-450; 2-солнце и небо на широте Европы

ми, ртутно-кварцевыми, флуоресцентными лампами) как наиболее приблизившиеся по характеру распределения энергии светового излучения к световому излучению солнца.

На рисунке 1 видны участки в ксеноновых лампах, которые не достигают уровней спектральной

энергии солнечного излучения, а другие выходят за ее пределы.

К основным характеристикам солнца как источника излучения относятся его угловые размеры, энергетические и спектральные характеристики и степень их изменения по поверхности.

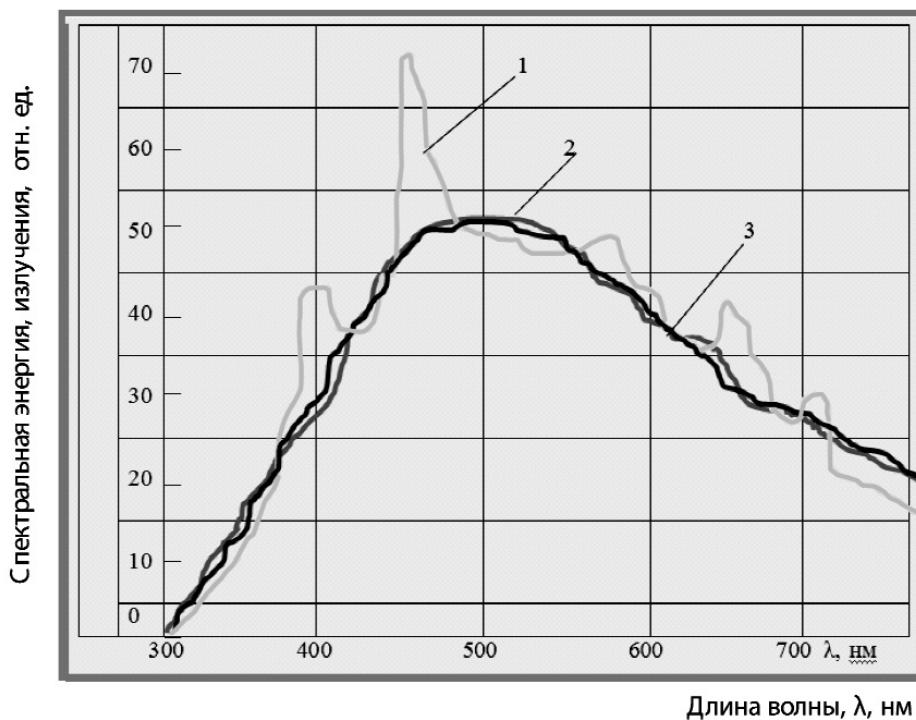


Рис. 2. Спектральное распределение энергии в излучении:

1-ксеноновая лампа после системы фильтров аппарата Ксенотест-450; 2-солнца и небо на широте Европы; 3-прибор по определению цветоустойчивости полимеров с газоразрядной лампой

В зависимости от характера излучаемой энергии у солнца различают фотосферу, обращающий слой, хромосферу и корону. Фотосфера является основным источником солнечного излучения с непрерывным спектром (рисунок 3). В ней с увеличением глубины растет температура, что обуславливает потемнение диска к краю.

Образующий слой и хромосфера образуют атмосферу солнца. Они состоят из светящихся газов, яркость которых в сотни раз меньше яркости фотосферы.

Корона представляет собой внешнюю часть солнечной атмосферы и не имеет четкой наружной границы, ее яркость в миллион раз меньше яркости фотосферы и не превышает яркости луны в полнолуние.

На характеристики излучения солнца влияют солнечные пятна, периодичность появления которых равна одиннадцати годам, взрывы и протуберанцы, появление которых аperiodично, и постоянные неравномерности в атмосфере.

Спектр излучения солнца за пределами земной атмосферы примерно совпадает со спектром излучения черного тела, имеющего температуру 6000 К. Энергетическая светимость составляет $6,2 \times 10^7$ Вт/м².

До поверхности земли от солнца через атмосферу доходит в основном излучение в диапазоне длин волн 0,3-3,0 мкм с полосами поглощения, оп-

ределяемыми содержащимися в атмосфере парами воды, углекислым газом и озоном. В приземных слоях атмосферы излучение солнца эквивалентно излучению черного тела с температурой 5600 К (рисунок 3).

Энергетическая освещенность (мощность излучения), создаваемая солнцем на площадке, перпендикулярной к направлению на солнце вне земной атмосферы, составляет 1360 Вт/м² (в перигее 1407 Вт/м² и в апогее 1316 Вт/м²). На поверхности земли мощность излучения лежит в пределах 616-913 Вт/м².

В видимой области спектра за пределами атмосферы освещенность (яркость), создаваемая солнцем, составляет $1,37 \cdot 10^5$ лк. В приземных слоях максимальная освещенность составляет около 10^5 лк.

Очень важным обстоятельством для проведения испытаний в лабораторных условиях является то, что солнечное излучение независимо от высоты над уровнем моря носит непрерывный характер.

Основное требование к искусственным источникам излучения – максимальное совпадение по составу (спектральное распределение) и интенсивности к солнечному излучению.

Спектр, энергетическая мощность и непрерывность в спектральном распределении – вот требование к источникам излучения для проведения исследований на светостойкость полимерных материалов.



Рис. 3. Спектры излучения солнца: 1-за пределами атмосферы; 2-на уровне моря

Первыми источниками искусственного излучения для лабораторных исследований были ртутно-кварцевые лампы, у которых спектр излучения совпадает в коротковолновой ультрафиолетовой части на 55 %.

Несколько позже в 60-70 годы стали использовать для этих целей флуоресцентные лампы, но они маломощны.

Американский стандарт ASTM D1500-60 использует семь флуоресцентных ламп для проведения исследований по определению светостойкости пластмасс. Дальше стали применять дуговые угольные лампы («излучение вольтовой дугой») — стандарт ASTM D1920-65, как более мощные, но по спектру излучения сильно отличающиеся от солнечного.

При корреляции результатов экспериментальных лабораторных испытаний нужно учитывать изменение интенсивности солнечной радиации в зависимости от времени года и времени дня (рисунок 4).

Исследованиями установлено, что температура не влияет на процесс фотохимической деструкции полимерных материалов. И поэтому многие исследователи считают, что нужно проводить исследования только в ультрафиолетовой области

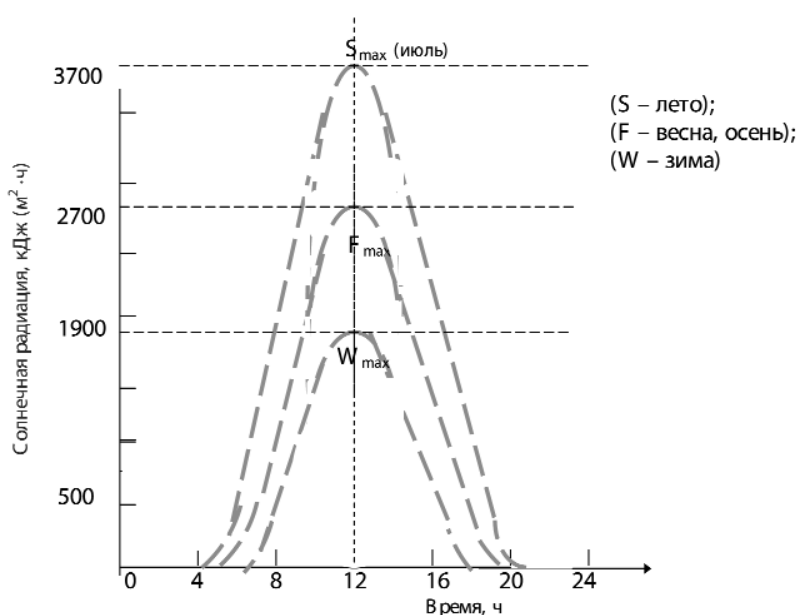


Рис. 4. Среднечасовые значения интенсивности солнечной радиации в зависимости от времени дня и времени года

излучения. Лампы, используемые для исследований цветостойкости, в первую очередь, ксеноновые, имеют узкий ультрафиолетовый диапазон излучения, который имеет дискретный характер (рисунки 5, 6).

Но воздействие температуры приводит к снижению прочностных свойств полимерных материалов.

Нужно проводить исследования и в области инфракрасных длин волн, охватывая весь спектр солнеч-

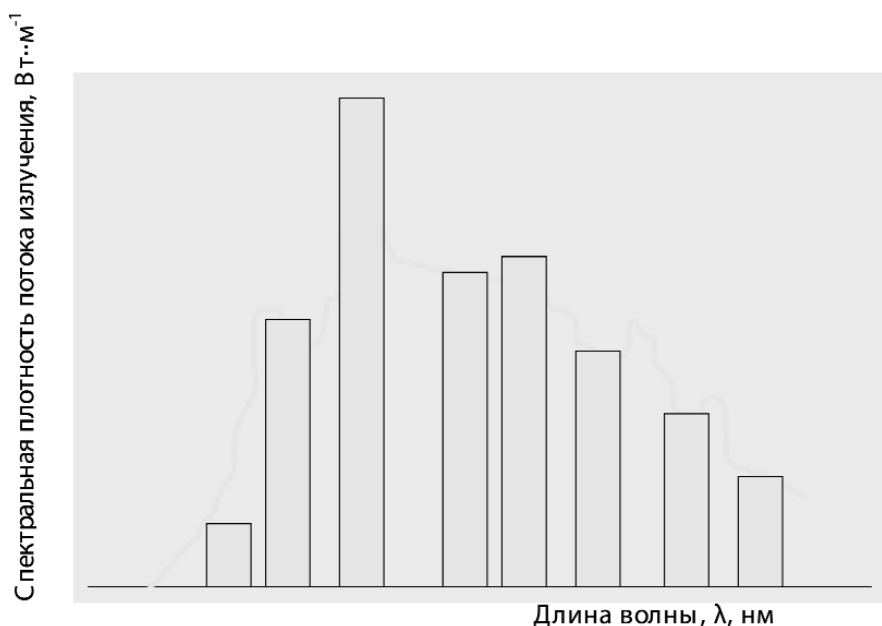


Рис. 5. Дискретный (линейный) характер спектра излучения ксеноновой лампы

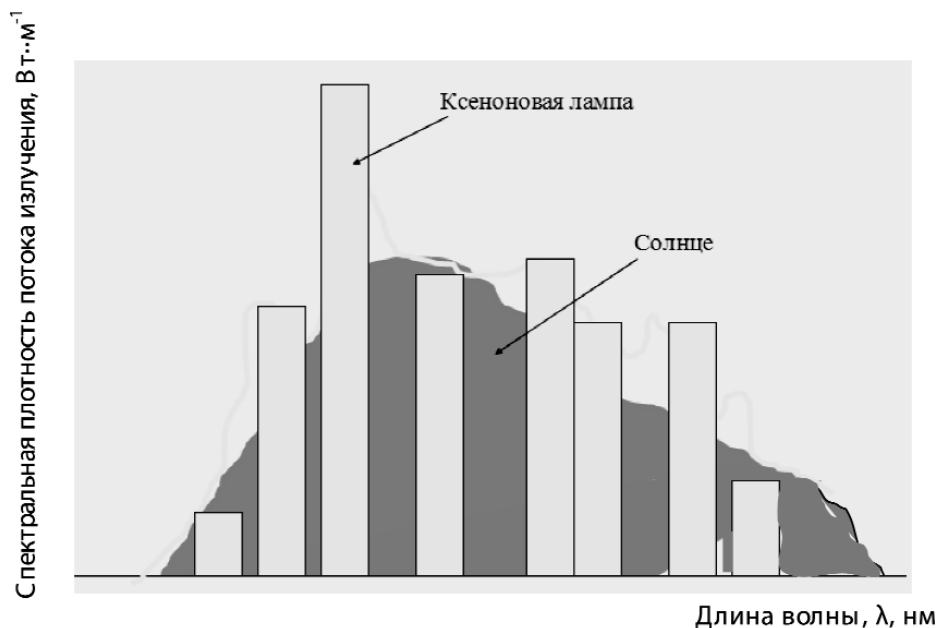


Рис. 6. Дискретный характер спектра излучения ксеноновой лампы в сравнении с солнечным излучением, имеющий сплошной (непрерывный) характер

ного излучения (рисунок 7). Примеры эксплуатации объектов подтверждают эту необходимость.

Непрерывно совершенствуются источники света, и показателем качества лампы в светотехнике служит, прежде всего, ее световая отдача: сколько люменов дает она на ватт расходуемой мощности (лм/Вт). Именно по этому признаку ксеноновые лампы, как морально устаревшие, ушли с рынка на замену более совершенным.

4. Методы определения долговечности полимерных материалов

4.1 Основные, краткие концептуальные положения в вопросе исследования долговечности твердых тел и полимеров в частности

Исследование проблемы разрушения твердых тел и полимерных материалов, в частности, ведутся по двум фундаментальным направлениям:

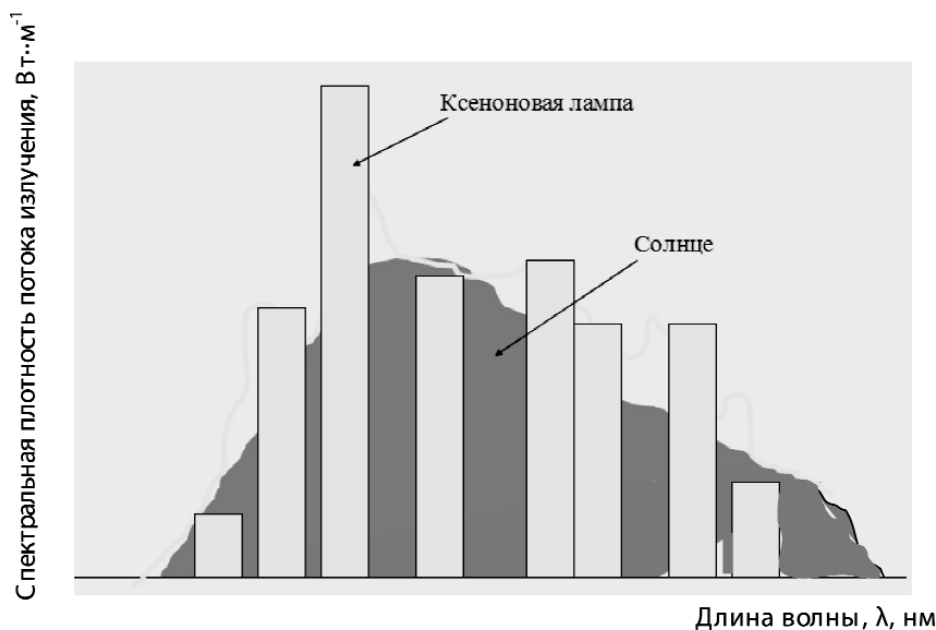


Рис. 7. Спектры излучения ксеноновой лампы, солнца и газоразрядной лампы высокого давления ртутно-галогидной

механо-статический подход как более ранний и кинетический термофлуктуационный подход как более поздний.

Первое направление – общепринятые классические представления о разрушении тел как критическое событие, наступающее при достижении в теле напряжения некой критической величины.

Вводится понятие предельного состояния материала: предела прочности, предела текучести, предела упругости и др. Считается, что материал будет долговечен, пока нагрузка не достигнет предела прочности.

Механический подход – исходит из необходимости определить те предельные критические условия, при которых происходит разрушение материала. Теория предельного состояния базируется на поиске критериев разрушения.

Статический подход к проблеме прочности материалов использовался длительное время и сохранил свою распространенность в том или ином виде и сегодня.

Экспериментально наблюдаемые случаи преждевременного разрушения конструкций и сооружений при напряжениях, меньших указанных пределов, явились прямым доказательством недостаточности развитых теорий предельного состояния.

Второе важное направление – учет влияния теплового движения атомов в твердом теле на развитие разрушения, т.е. в статике нужно будет учитывать кинетику теплового движения атомов. Такой подход был связан с накоплением экспериментальных данных о влиянии температуры на предельное состояние тел. С внешней силой взаимодействует уже не статическая система атомов, а система частиц, каждая из которых находится в колебательном тепловом движении.

При этом важную роль в межатомных взаимодействиях в теле играет неравномерность теплового движения – энергетические флуктуации (приобретение кинетической энергии, превышающей во много раз среднюю). Именно тепловые флуктуации составляют основное физическое содержание нового кинетического подхода к проблеме прочности твердых тел.

Внешнее разрывное напряжение лишь увеличивает вероятность разрыва связей (межатомных и межмолекулярных) и уменьшает вероятность их восстановления (рекомбинации).

В кинетическом подходе основное внимание уделяется атомно-молекулярному процессу разру-

шения, и разрыв рассматривается как конечный результат постепенного развития и накопления микроразрушений (микротрещин).

Фактической основой кинетической теории разрушения твердых тел явились экспериментальные данные о влиянии времени и температуры на прочность тела.

Зависимость прочности от времени наблюдается у большого числа различных видов материалов: резин, пластмасс, стекол, бетонов, металлов, фарфора и многих других.

Влияние окружающей среды на прочность, несомненно, имеет место, однако универсальность влияния времени на прочность позволяет утверждать, что воздействие среды не может быть их общей причиной разрушения. Это подтверждается прямыми опытами, в которых временная зависимость прочности обнаружена и при испытаниях в вакууме и инертных средах. Материалы разрушаются в этих случаях во времени, исключая какие-либо внешние воздействия.

Разрушение тел является термофлуктуационным процессом, который нельзя характеризовать, используя понятие о “пределе прочности”.

В соответствии с этой концепцией долговечность тела под нагрузкой принимается как фундаментальная основополагающая величина, определяющая прочность материала, его эксплуатационную надежность и нашла свое отражение в известном уравнении академика С.Н. Журкова.

Основное уравнение долговечности $\tau = \tau(\sigma, T)$ является общим для всех видов твердых тел, в том числе и для полимеров, и описывается экспоненциальной зависимостью с тремя величинами, со своей физической сущностью и имеет общий вид:

$$\tau = \tau_0 \exp(U_0 - \gamma \sigma) / kT, \quad (1)$$

где

τ_0 – период тепловых колебаний атомов (для полимеров $\tau_0 = 10^{-12}$ с - 10^{-13} с, реже – 10^{-14} с);

U_0 – энергия активации самопроизвольного разрыва полимерной цепи при $\sigma = 0$, кДж/моль;

γ – структурно – чувствительный коэффициент, не зависящий от физического состояния и надмолекулярной структуры полимера, кДж/МПа моль;

k – постоянная Больцмана = $1,380662 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;

σ – напряжение, МПа;

T – температура тела, К.

В логарифмических координатах это уравнение имеет вид прямых линий.

Уравнение справедливо для всех видов материалов (металл, стекло, пластмасса всех видов — твердые изделия, пленки, волокна и др., резиновые изделия, бетон и др.

4.2 Универсальность уравнения долговечности полимеров

Кинетическая теория термофлуктуационного механизма разрушения твердых тел справедлива для всех видов нагрузок (растяжение, сжатие, кручение, сдвиг) и разных режимов их воздействий (статическая, динамическая, циклическая и др.) в воздушной среде и вакууме. Она справедлива также при воздействии внешних факторов под влиянием солнечной радиации, водных и химически агрессивных сред.

В условиях непрерывного изменения температуры и напряжения при эксплуатации, а также исходя из предполагаемой необратимости разрушающего действия нагрузки, для расчета долговечности используем критерий Бэйли — принцип суммирования нарушений.

Если напряжение σ действовало в течение времени Δt_i , то соответствующее относительное уменьшение долговечности можем быть равным $\Delta t_i/\tau$. В следующий период Δt_2 действия той же нагрузки σ доля уменьшения долговечности составит $\Delta t_2/\tau$ и т.д.

Разрыв ожидается тогда, когда сумма относительных уменьшений долговечности станет равной единице. Если образец подвергнут действию произвольной последовательности напряжений σ_i , каждому из которых соответствует долговечность $\tau(\sigma_i)$, а время действия равно Δt_i , то разрыв произойдет при условии:

$$\sum_i \frac{\Delta t_i}{\tau(\sigma_i)} = 1$$

Или для $\sigma = \sigma(t)$

$$\int_0^{\tau_p} \frac{dt}{\tau[\sigma_i(T)]} = 1$$

где τ_p — время до разрушения образца под действием переменного во времени напряжения $\sigma(t)$;

$\tau[\sigma_i(T)]$ — долговечность полимерного материала при действии постоянного напряжения при действии температуры $T = \text{const}$;

dt — время разрушения образца полимерного материала на определенную долю, равную $\Delta t_i/\tau_i$, где τ_i — долговечность при действии напряжения $\sigma_i = \text{const}$.

Это важное уравнение для практических расчетов долговечности полимерного материала в условиях сложного режима воздействий при эксплуатации.

4.3 Практическое применение кинетической термофлуктуационной теории разрушения полимерных материалов

Методологически концепция кинетической термофлуктуационной теории разрушения полимерных материалов нашла свое отражение в нормировании при сохранении своих нормативных показателей в условиях эксплуатации согласно ГОСТ 9.045-75,

ГОСТ 9.707-81 на резиновые изделия. В этих стандартах заложена экспоненциальная зависимость времени, напряжения и температуры. О недостатках этих стандартов уже говорилось выше.

НИИСП на протяжении нескольких лет занимался всесторонним изучением и анализом научно-технической литературы, посвященной вопросам прочности и долговечности полимерных материалов. Особенности структуры полимеров, наличие надмолекулярных структур, физико-механика полимеров, наличие множества релаксационных процессов, наличие кристаллической фазы и трех аморфных состояний полимеров (стеклообразное, высокоэластичное, вязко-текучее) выделяют полимеры в особый самостоятельный класс материалов с ярко выраженными специфическими физико-механическими свойствами.

На основе всей совокупности теоретических обоснований современных представлений и теорий прочности полимеров проанализированы существующие методологические подходы, которые дают возможность наиболее объективно, достоверно и научно обоснованно определять долговечность полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов. Была составлена программа исследований и выполнены научно-исследовательские работы по разработке методики определения долговечности строительных полимерных материалов.

1 Методика [8] устанавливает правила проведения испытаний и математической обработки полученных результатов по определению долговечности

ти полимерных материалов строительного назначения.

2 Методика предназначена для разработчиков, изготовителей и потребителей рулонных и листовых (плиточных) кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов, а также для специалистов научно-исследовательских институтов, которые выполняют исследования и испытания полимерных строительных материалов, и может быть полезной для специалистов, использующих полимерные материалы другого назначения.

Преимущества новой методики:

- она позволяет определять долговечность (эксплуатационную надежность) на основании выполненных экспериментальных исследований и дальнейшей их корреляции к изменяющимся реальным условиям эксплуатации полимерных материалов;

- в ее основу положены прогрессивные доминирующие сегодня научные теоретические положения прочности твердых тел и разрушения полимерных материалов в условиях воздействия климатических факторов;

- построенные графоаналитические зависимости распространяются и на действие минусовых температур, т.е. нет необходимости и это экономически нецелесообразно провести испытания в течение как минимум нескольких суток при действии температуры ниже 0°C ;

- она характеризует изменение во времени не только одного значимого показателя для определенного класса материалов (теплопроводности или цветоустойчивости), но для всех показателей, заложенных в нормативном документе на полимерный материал.

- она базируется на фундаментальной кинетической термофлуктуационной теории разрушения твердых тел и полимеров, а также принципах суммирования нарушений в виде критерия Бэйли. Этот подход взят многими учеными и специалистами, в том числе и в области строительства, для практического прогнозирования долговечности кровельных, гидроизоляционных и теплоизоляционных материалов, внешних систем утепления фасадов, пленочных материалов.

- методологические подходы по определению долговечности в соответствии с этой методикой

меняют стереотипные традиционные подходы определения долговечности кровельных и гидроизоляционных полимерных материалов, которые базировались на циклических испытаниях по определению изменения значений характерных показателей материалов и искажали реальное значение долговечности материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартенев Г.М. и др. /Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия, 1992. 384 с.
2. Бартенев Г.М., и др./Физика полимеров. – Л.: Химия, 1990. 430 с.
- 3 Бартенев Г.М., Зуев Ю.С./Прочность и разрушение высокоэластичных материалов. – М.: Химия, 1964. — 387 с.
4. Бондарь В.В./Современные представления кинетической термофлуктуационной теории прочности полимеров, М., 1991, 112 с.
5. Журков С.Н., Корсуков В.Е/Атомный механизм разрушения полимеров под нагрузкой, ФТТ, 1973, т. 15, № 7.
6. Каминский А.А. и др. /Длительное разрушение полимерных и композиционных материалов. – К.; 1992. — 248 с.
7. Карташов Е.М./Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. – М.; Химия, 2002. — 735 с.
8. “Методика визначення довговічності рулонних та листових покрівельних та гідроізоляційних полімерних матеріалів”, Мінрегіонбуд, НДІБВ, 2008, — 30с.
9. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.В. /Кинетическая природа прочности твердых тел/, издательство «Наука», главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1974. — 560 с.
10. Павлов Н.Н. “Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях”. М.; “Химия”, 1982. 224 с.
11. Пивоваров З.И., Стадник В.В. /Климатическая характеристика солнечной радиации как источник энергии на территории СССР. – М.; Гидрометцентр, 1981. — 300с.
12. ГОСТ 11583-74 Материалы полимерные строительные отделочные. Методы определения цветоустойчивости под воздействием света, равномерности окраски и светлоты

АНОТАЦІЯ

В статті висвітлено аналіз існуючої нормативної документації, визначені поняття та тлумачення показників експлуатаційної надійності полімерних матеріалів будівельного призначення.

Відмічені обмеження та методи вдосконалення техніки вимірювання кольоростійкості полімерних будівельних матеріалів.

Розглянуті теоретичні концепції та їх розвиток з визначення експлуатаційної довговічності полімерних матеріалів під впливом кліматичних факторів та силових зовнішніх дій.

Представлено практичне застосування теорії термофлуктуаційного руйнування полімерів під час їх експлуатації на прикладі “Методики визначення довговічності рулонних та листових покриттєвих та гідроізоляційних полімерних матеріалів”.

Ключові слова: довговічність, кольоростійкість, методи визначення, нормування, оцінка і аналіз, показники експлуатаційної надійності, полімерні будівельні матеріали, поняття та визначення, стійкість до зовнішніх дій та впливів, стійкість до кліматичних факторів, теорії руйнування полімерів, техніка вимірювань

ANNOTATION

The article provides an analysis of existing normative documents, the concepts and presentation of operational reliability of polymeric materials of construction applications.

Showing limitations and methods to improve measurement techniques color stability of polymeric building materials.

Consider the theoretical concepts and their development to determine the life durability of polymer materials under the influence of climatic factors and the power of external influences.

Presented by the thermal-fluctuation theory of the practical application of fracture of polymers during their operation on the example of “Method’s of determining durability of roll and sheet metal roofing and waterproofing polymeric materials.”

Keywords: durability, color stability, methods of determination, valuation, evaluation and analysis, indicators of operational reliability, polymeric building materials, concepts and definitions, resistance to external influences, resistance to climatic factors, theories of fracture of polymers, measurement technique.

УДК 625.7/8;691.1/6.

А.И. Гармаш, НИИСП;

А.Н. Костенко, Киевгипротранс, г. Киев

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

АННОТАЦИЯ

Изложены основные положения новой технологии укрепления щебеночного балласта железнодорожного полотна. При пропитке щебня полиуретановой композицией резко возрастает прочность и устойчивость щебеночного балласта к динамическим воздействиям, что важно при расширении сети скоростных поездов в Украине.

Ключевые слова: щебень, балласт, пропитка, полиуретан, устойчивость.

В Украине введены первые скоростные поезда, сеть которых должна быть расширена. В результате исследований английского института "Rendell" Украина получила высший балл коэффициента транзитности своей территории. Если посмотреть на карту Европы, то легко можно убедиться, что основные транспортные потоки Россия-Балканы, Балтика-Черное море, Балтика-Каспий, Европа-Восток проходят по территории Украины. Разработанная в Минтрансвязи Украины "Концепция развития транспортно-дорожного комплекса Украины на среднесрочный период и до 2020 года" предусматривает создание ряда транспортных коридоров в Украине.

В то же время высокая скорость движения поездов предъявляет повышенные требования к качеству укладки и долговременной прочности балластной призмы железнодорожного полотна. Проблемы устойчивости пути актуальны для железных дорог всех стран мира, и по мере увеличения осевых нагрузок и скорости движения подвижного состава они проявляются во все большей степени.

Одна из основных причин нарушения геометрии железнодорожного пути — снижение несущей способности земляного полотна. Без применения защитных мер путь, уложенный на слабом грунте,

АНОТАЦІЯ

В статті висвітлено аналіз існуючої нормативної документації, визначені поняття та тлумачення показників експлуатаційної надійності полімерних матеріалів будівельного призначення.

Відмічені обмеження та методи вдосконалення техніки вимірювання кольоростійкості полімерних будівельних матеріалів.

Розглянуті теоретичні концепції та їх розвиток з визначення експлуатаційної довговічності полімерних матеріалів під впливом кліматичних факторів та силових зовнішніх дій.

Представлено практичне застосування теорії термофлуктуаційного руйнування полімерів під час їх експлуатації на прикладі “Методики визначення довговічності рулонних та листових покриттєвих та гідроізоляційних полімерних матеріалів”.

Ключові слова: довговічність, кольоростійкість, методи визначення, нормування, оцінка і аналіз, показники експлуатаційної надійності, полімерні будівельні матеріали, поняття та визначення, стійкість до зовнішніх дій та впливів, стійкість до кліматичних факторів, теорії руйнування полімерів, техніка вимірювань

ANNOTATION

The article provides an analysis of existing normative documents, the concepts and presentation of operational reliability of polymeric materials of construction applications.

Showing limitations and methods to improve measurement techniques color stability of polymeric building materials.

Consider the theoretical concepts and their development to determine the life durability of polymer materials under the influence of climatic factors and the power of external influences.

Presented by the thermal-fluctuation theory of the practical application of fracture of polymers during their operation on the example of “Method’s of determining durability of roll and sheet metal roofing and waterproofing polymeric materials.”

Keywords: durability, color stability, methods of determination, valuation, evaluation and analysis, indicators of operational reliability, polymeric building materials, concepts and definitions, resistance to external influences, resistance to climatic factors, theories of fracture of polymers, measurement technique.

УДК 625.7/8;691.1/6.

А.И. Гармаш, НИИСП;

А.Н. Костенко, Киевгипротранс, г. Киев

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

АННОТАЦИЯ

Изложены основные положения новой технологии укрепления щебеночного балласта железнодорожного полотна. При пропитке щебня полиуретановой композицией резко возрастает прочность и устойчивость щебеночного балласта к динамическим воздействиям, что важно при расширении сети скоростных поездов в Украине.

Ключевые слова: щебень, балласт, пропитка, полиуретан, устойчивость.

В Украине введены первые скоростные поезда, сеть которых должна быть расширена. В результате исследований английского института "Rendell" Украина получила высший балл коэффициента транзитности своей территории. Если посмотреть на карту Европы, то легко можно убедиться, что основные транспортные потоки Россия-Балканы, Балтика-Черное море, Балтика-Каспий, Европа-Восток проходят по территории Украины. Разработанная в Минтрансвязи Украины "Концепция развития транспортно-дорожного комплекса Украины на среднесрочный период и до 2020 года" предусматривает создание ряда транспортных коридоров в Украине.

В то же время высокая скорость движения поездов предъявляет повышенные требования к качеству укладки и долговременной прочности балластной призмы железнодорожного полотна. Проблемы устойчивости пути актуальны для железных дорог всех стран мира, и по мере увеличения осевых нагрузок и скорости движения подвижного состава они проявляются во все большей степени.

Одна из основных причин нарушения геометрии железнодорожного пути — снижение несущей способности земляного полотна. Без применения защитных мер путь, уложенный на слабом грунте,

- прочностью на сжатие 40 Н/мм² (для бетона класса В60 прочность на сжатие составляет 43 Н/мм²);

- прочностью на сдвиг 13,3 Н/мм²;

- прочностью на растяжение при изгибе 3,5 Н/мм²;

- долговечность пропитки не менее 20 лет.

Однако в непрореагировавшем состоянии материал обладает низкой вязкостью, что позволяет ему проникать в трещины или другие полости с шириной раскрытия от 0,1 мм. Материал обладает высокой скоростью реакции — 10 мин. При смешивании основного компонента и отвердителя в результате очень быстрой реакции образуется прочная, но эластичная полиуретановая смола. Ввиду малого времени реакции полимеризации смешивание двух компонентов осуществляется непосредственно в смешивающей головке инъекционного насоса. Инъекционный насос должен давать рабочее давление не менее 150 атм и для работы ему необходим сжатый воздух в объеме 500 л/мин. Насос одновременно дозирует компоненты в заданном соотношении. Наилучшее решение будет, когда оборудование и необходимое количество компонентов разместить на железнодорожной передвижной платформе.

В полном заполнении пустот в щебеночном балласте нет необходимости. Уплотнение необходимо производить в основании склона и в отдельных местах поверхности склона, но в любом случае в соответствии с разрабатываемой типовой схемой инъектирования. Таким образом, ремонт щебенчатых балластов и склонов решается очень просто: промывка водой под давлением и дополнительное нанесение композиции "Ballastbond".

Указанная технология особенно эффективна на участках с переменной жесткостью пути. Переход пути от безбалластного на искусственных сооружениях к пути на балласте всегда представлял проблему. Перемещения в балластной призме приводят к "выплескам" на переходах и первые 4-10 шпал рельсошпальной решетки висят в воздухе.

Возникающие таким образом "ступеньки" снижают эксплуатационные характеристики пути, приводят к повреждениям в системе колесо-путь. Для выхода из этого положения существует решение, создающее плавный переход с помощью уплотнения материала балласта полиуретановой композицией. Технология апробирована на ряде железнодорожных магистралей Европы. Такая технология позволяет в кратчайший срок модернизировать существующие железнодорожные пути в Украине для пропуска скоростных поездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гармаш А.И. и др. Новая технология укрепления щебеночного балласта железнодорожного полотна. в ж. Будмайстер. №1. 2009., стр. 24-25.

2. Степанский Г.Е. Концепция комплексного использования выгодного геополитического расположения Украины. в ж. Транспортное строительство Украины. №2. 2008., стр. 8-11.

АНОТАЦІЯ

Викладені основні положення нової технології зміцнення щебеневого баласту залізничного полотна. При просочуванні щебеню поліуретановою композицією різко зростає міцність і стійкість щебеневого баласту до динамічних впливів, що важливо при розширенні мережі швидкісних поїздів в Україні.

Ключові слова: щебінь, баласт, просочення, поліуретан, стійкість.

ANNOTATION

The basic provisions of the new technology of building crushed stone ballast of track. Impregnation of the polyurethane composition of gravel increases dramatically the strength and stability of the crushed stone ballast to dynamic effects, which is important in expanding the network of high-speed trains in Ukraine.

Keywords: rubble, ballast, impregnation, polyurethane, stability.

УДК 693.61:69.059.25

*В.І. Терновий, к.т.н., професор;
І.М. Уманець, КНУБА, м. Київ*

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ САНУВАЛЬНОЇ ШТУКАТУРКИ

АНОТАЦІЯ

У статті наведені основні положення технології влаштування санувальної перлітової штукатурки, а саме: запропоновано структуру комплексного процесу влаштування санувальної перлітової штукатурки, рекомендовані спосіб влаштування шарів штукатурки та область значень вологості основи і рухомості розчинної суміші.

Ключові слова: санувальні штукатурки, реставрація, пам'ятки архітектури, опорядження, боротьба з вологою, засоленість, цегляні конструкції.

Постановка проблеми

Санувальні штукатурки у реставрації пам'яток архітектури XVIII–XIX ст. застосовують для відновлення опорядження і боротьби з надлишковою вологою та засоленістю їх цегляних конструкцій [1]. Висока вартість іноземних санувальних матеріалів спричинила необхідність створення санувальної штукатурки на основі вітчизняних матеріалів [2].

Автори, як відповідальні виконавці у складі тимчасового наукового колективу, розробили компонентний склад та конструкцію санувальної перлітової штукатурки [3]. Для збереження необхідних фізико-механічних показників штукатурки при виконанні штукатурних робіт досліджено залежність цих показників від технологічних чинників, які проявляються при штукатуренні [4]. Аналізом виявлених залежностей визначені параметри технологічних чинників, за яких фізико-механічні показники штукатурки мають необхідні значення. Ці параметри технологічних чинників лягли в основу розробленої технології, яка забезпечує запропонованій штукатурці необхідну якість, задекларовану Європейською асоціацією реставраторів.

Мета цієї статті — ознайомлення науково-технічної спільноти з особливостями розробленої технології влаштування вітчизняної санувальної перлітової штукатурки.

Виклад основного матеріалу

Технологія передбачає виготовлення санувальної перлітової штукатурки у складі трьох шарів: контактного — товщиною 5 мм, соленакопичувального — товщиною 20 мм та випаровувального — 10 мм. Пропонується базовий мінеральний склад, з якого готують розчинну суміш для кожного шару окремо.

Базовий мінеральний склад слід готувати із вапна, цементу, піску, перліту у співвідношенні об'ємних частин 0,7 : 0,3 : 1 : 1.

Для виготовлення матеріалу контактної шару базовий склад слід замішувати на контактній емульсії СС 81 (торгова марка "Ceresit"), розбавлений водою в об'ємному співвідношенні 1:3 у кількості, яка забезпечить рухомість розчинної суміші 11 см заглиблення стандартного конуса.

Для приготування розчинної суміші соленакопичувального шару базовий склад замішують на воді. Експлуатаційні фізико-механічні показники штукатурного шару, виготовленого з цього складу (пористість 45,75 %; коефіцієнт опору дифузії водяної пари 10,36; міцність на стиск 2,19 МПа), задовольняють вимоги [1], що пред'являються до соленакопичувального шару санувальної штукатурки.

Для приготування розчинної суміші випаровувального шару в базовий склад необхідно додати 0,7 % від маси сухої суміші добавку Elotex Seal 80 (білий порошок на основі сілану) швейцарської компанії Elotex AG.

Процес штукатурення санувальною перлітовою штукатуркою з вітчизняних матеріалів складається з двох комплексних процесів [5], підготовки поверхні та влаштування штукатурки (контактного, соленакопичувального і випаровувального шарів).

Структура комплексного процесу влаштування іноземної санувальної та запропонованої санувальної перлітової штукатурок подана в табл. 1. Для ілюстрації відмінностей технології влаштування запропонованої штукатурки назви окремих операцій виділено жирним шрифтом.

Як видно з табл. 1, два перших технологічних процеси, підготовка основи та провішування поверхні необхідно виконувати в обох випадках однаково, але традиційними відомими способами. Слід зауважити, що підготовку поверхні для штукатурення санувальними штукатурками необхідно виконувати з врахуванням рекомендацій асоціації німецьких реставраторів [1]. Тобто, зруйновану солями штукатурку необхідно видалити. Також не-

Таблиця 1. Порівняння структур комплексних процесів улаштування штукатурок

№ п/п	Назва процесів і операцій при влаштуванні іноземної санувальної штукатурки	№ п/п	Назва процесів і операцій при влаштуванні запропонованої санувальної перлітової штукатурки
1	Підготовка поверхні	1	Підготовка поверхні
1.1	Видалення зруйнованої штукатурки	1.1	Видалення зруйнованої штукатурки
1.2	Очищення швів	1.2	Очищення швів
1.3	Очищення поверхні стін	1.3	Очищення поверхні стін
1.4	Провішування поверхні	1.4	Провішування поверхні
2	Улаштування штукатурки	2	Улаштування штукатурки
		2.1	Зволоження поверхні (контроль вологості та зволоження)
2.1	Нанесення контактного шару	2.2	Нанесення контактного шару
2.2	Технологічна перерва	2.3	Технологічна перерва
2.3	Нанесення соленакопичувального шару	2.4	Нанесення соленакопичувального шару з розрівнюванням та створенням шерехатої поверхні
2.4	Розрівнювання соленакопичувального шару зі створенням шерехатої поверхні		
2.5	Технологічна перерва	2.5	Технологічна перерва
2.6	Нанесення випаровувального шару	2.6	Нанесення випаровувального шару з розрівнюванням
2.7	Розрівнювання та загладжування випаровувального шару		
2.8	Технологічна перерва		
2.9	Затирання поверхні		
		2.7	Підготовка поверхні під фарбування

обхідно видалити існуючу штукатурку за межами видимої границі пошкоджень на відстані 80 см. Цегляну кладку треба очистити за допомогою пікосруменевого апарата, якщо цегляна кладка міцна. Якщо кладка слабка для її чищення пікоструменевим апаратом, то її слід чистити металевією щіткою, скребком або зубилом з молотком. Шви необхідно розчистити на глибину 2 — 3 см, оскільки в них біля поверхні стіни міститься найбільше солей.

Перед зволоженням поверхні слід визначити її вологість. Якщо вона менше 7,5 %, то поверхню необхідно зволожити до 7,5 — 12 %.

Коли вологість основи має значення, яке потрапляє в інтервал вологості (7,5 — 12 %), то необхідно привести у відповідність з вологістю основи рухомість розчинної суміші за формулою (1) або за табл. 2, яка складена для зручності розрахунків в умовах будівельного майданчика.

$$OK \geq -0,05 \omega_m^2 + 0,41 \omega_m + 10,62, \quad (1)$$

де ОК — рухомість розчинної суміші, см; ω_m — вологість основи, %.

Наприклад, при вологості мурування в натурних умовах 10 % необхідно використовувати розчинну суміш рухомістю 9,7 см і вище за осідання конуса. Або ж при рухомості розчинної суміші 10 см вологість основи повинна бути вищою 9,5 %.

Контактний шар слід влаштовувати способом накидання розчинної суміші з рівномірними пропусками, щоб розчинною сумішшю було накрито 50 % поверхні. Для цього ми рекомендуємо використовувати жерстяний, пластиковий або плівковий шаблон-екран з отворами розміром 38 x 12 мм, що займають близько 50 % площі шаблону (рис. 1). Шаблон слід кріпити впритул до стіни. Контактний шар не загладжують, а зрізають полутером

Таблиця 2. Область рекомендованих (+) значень вологості основи та рухомості розчинної суміші при влаштуванні санувальної перлітової штукатурки

Вологість основи, %	Рухомість розчинної суміші, см									
	8,3	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,5	10,7	10,9
7,0										+
7,5										+
8,0									+	+
8,5								+	+	+
9,0							+	+	+	+
9,5						+	+	+	+	+
10,0					+	+	+	+	+	+
10,5				+	+	+	+	+	+	+
11,0			+	+	+	+	+	+	+	+
11,5		+	+	+	+	+	+	+	+	+
12,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

надлишки розчинної суміші, якщо товщина шару перевищує 5 мм.

Рухомість розчинної суміші соленакопичувального шару слід також узгоджувати з вологістю кладки згідно з формулою (1) або табл. 2. Через добу після нанесення контактного шару влаштовують соленакопичувальний шар.

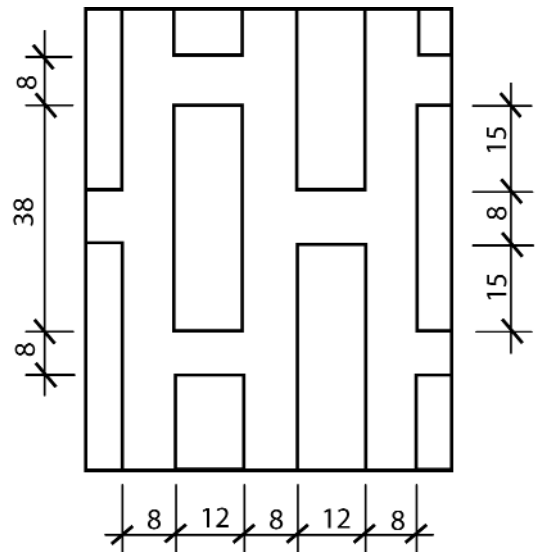


Рис. 1. Схема трафарету для влаштування контактної штукатурки

В результаті проведених досліджень [4] нами рекомендований спосіб влаштування соленакопичувального шару легким багаторазовим накиданням кельмою невеликими порціями з додатковим підкиданням мікродоз розчинної суміші у пропуски з легким розрівнюванням шару полутером (рис. 2). Особливістю цього способу є накидання невеликими порціями розчинної суміші легкими рухами з метою найменшого ущільнення шару штукатурки.

Операцію розрівнювання нанесеного розчину необхідно здійснювати з мінімальним зусиллям,

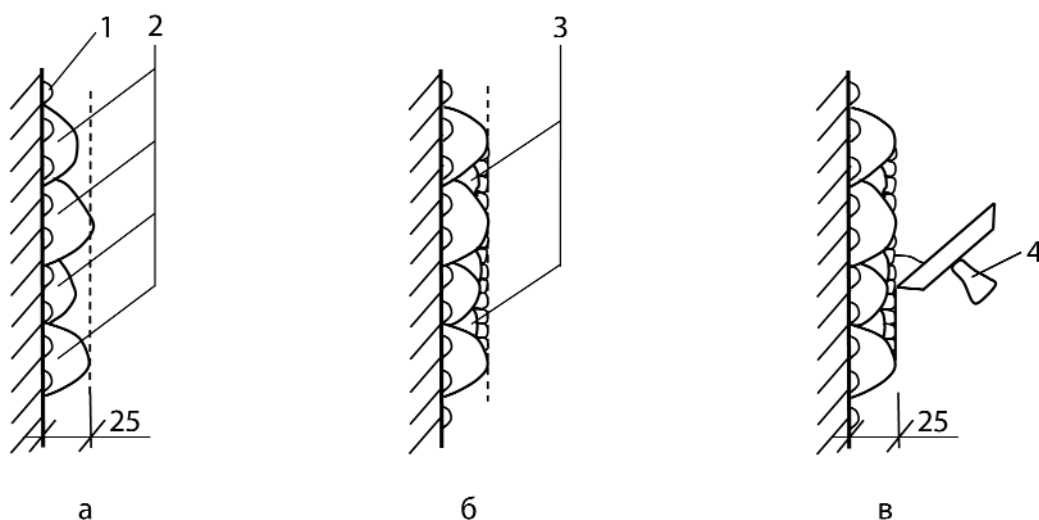


Рис. 2. Влаштування соленакопичувального шару легким багаторазовим накиданням: а — розчинна суміш, нанесена легким багаторазовим накиданням; б — додаткове накидання мікродозами розчинної суміші; в — легке розрівнювання з загладжуванням без ущільнення; 1 — контактний шар; 2 — розчинна суміш, накидана малими порціями; 3 — розчинна суміш, додатково накидана мікродозами; 4 — полутер.

сумістивши її зі створенням шерехатої поверхні, одразу після накидання розчинної суміші на поверхню.

Якщо в шарі штукатурки є пропуски, то їх слід легенько закидати розчинною сумішшю за допомогою кельми, а не переміщувати туди розчинну суміш полутером (рис. 2, в). Виступаючий місцями матеріал соленакопичувального шару слід знімати ребром кельми.

Технологічна перерва перед влаштуванням соленакопичувального і випаровувального шарів повинна мати тривалість від 2 до 48 год.

Випаровувальний шар слід влаштовувати способом, аналогічним способу влаштування соленакопичувального шару.

Технологічну операцію розрівнювання випаровувального шару необхідно здійснювати з мінімальним зусиллям, сумістивши його з легеньким кінцевим згладжуванням без затирання, одразу після накидання розчинної суміші на поверхню.

Остаточне заглажування поверхні штукатурки слід виконати паропроникною шпаклівкою перед фарбуванням шару.

Висновки

1. Розроблена технологічна структура влаштування санувальної перлітової штукатурки аналогічна технологічній структурі влаштування санувальної штукатурки Ceresit CR 63, але при виконанні окремих операцій необхідно дотримуватись наступних рекомендацій:

- вологість основи повинна бути від 7,0 до 12,0 %;
- рухомість розчинної суміші слід узгодити з вологістю основи;
- контактний шар необхідно влаштувати на 50 % площі основи;
- соленакопичувальний та випаровувальний шари необхідно влаштовувати способом легкого багаторазового накидання;
- технологічна перерва між влаштуванням соленакопичувального та випаровувального шарів повинна мати тривалість від 2 до 48 год.

ЛІТЕРАТУРА

1. WTA Merkblatt 2-2-91/D. Sanierputzsysteme. Deutsche Fassung. Stand Juli 1992 (Vorversion) : Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. -WTA-, München; 1992, 9 S.

2. Терновий В. І. Дослідження вітчизняної сануючої штукатурки / В. І. Терновий, Р. Б. Гуцуляк, І. М. Уманець // Теорія і практика будівництва, 2008. — № 4. — С. 29 — 31.

3. Дослідження впливу компонентного складу на формування експлуатаційних показників вітчизняної санувальної штукатурки / В. І. Терновий, І. М. Уманець, Н. Р. Антонюк, Р. Б. Гуцуляк // Вісник ОДАБА. — Одеса : "Зовнішнєрекламсервіс", 2010. — Вип. 38. — С. 610 — 614.

4. Терновий В. І. Дослідження впливу технології нанесення розробленої санувальної штукатурки на формування її фізико-механічних властивостей / В. І. Терновий, І. М. Уманець // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2010. — Вип. № 3. — С. 65 — 70.

5. Уманець І. М. Технологія влаштування санувальної перлітової штукатурки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.08 "Технологія та організація промислового та цивільного будівництва" / І. М. Уманець. — К., 2012. — 19 с.

АННОТАЦІЯ

В статтю приведені основні положення технології устроювання сануючої перлітової штукатурки, а именно: пропонується структура комплексного процесу устроювання сануючої перлітової штукатурки, рекомендовано спосіб устроювання шовів штукатурки і область значень вологості основи і подвижності розчинної суміші.

Ключевые слова: санующие штукатурки, реставрация, памятники архитектуры, отделка, борьба с влажностью, засоленность, кирпичные конструкции.

ANNOTATION

The article presents the main points of technology device sanitizes perlite plaster, namely proposed structure of a complex process of sanitizing device perlite plaster, recommended a device layers of plaster, recommended range of substrate moisture that mobility mortar.

Keywords: sanitizing plaster, restoration, architectural, finishing, anti-humidity, salinity, brick construction.

УДК 69.001.12/18

*О.М. Галінський, к.т.н.; В.О. Іваненко, к.т.н.;
А.А. Франівський, к.т.н., НДІБВ;
В.П. Омельчук, к.т.н., Київ*

ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ПАНЕЛЬНОГО ДОМОБУДІВНИЦТВА - ШЛЯХ ДО МАСОВОГО СПОРУДЖЕННЯ ДОСТУПНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА В УКРАЇНІ

АНОТАЦІЯ

У статті наведені результати аналізу сучасного стану розвитку індустріального домобудування в Україні і за кордоном та окреслені проблеми вітчизняного панельного домобудування і шляхи їх розв'язання. На першому етапі запропоновано здійснити низку пілотних проектів на окремих діючих підприємствах і на їхньому досвіді розробити програму державної підтримки цього прогресивного напрямку будівництва житла.

Ключові слова: будівництво, індустріальне домобудування, пілотні проекти, модернізація, державна підтримка.

Протягом останнього десятиліття будівництво житла в Україні було переведено на комерційну основу. Інвестори в основному орієнтувались на його споживчі якості, не проводячи поміркованої цінової політики та не формуючи усталеного ринку збуту. Як наслідок, будівельна галузь країни найбільш відчутно постраждала від економічної кризи 2008 р., і процес її стагнації триває.

Очевидно, що змінити ситуацію на краще лише на комерційному ґрунті не вдасться. Необхідно вироблення на державному рівні стратегічних підходів з метою зупинення спаду та подальшого нарощування обсягів житлового будівництва.

Одним із таких стратегічних напрямків є повернення до панельного домобудівництва та його подальший розвиток. Про переваги панельного домобудівництва як найбільш ефективного способу масового будівництва житла, дешевого і достатньо комфортного за соціальними стандартами, свідчить успішний досвід наших найближчих сусідів — Росії та Білорусі, а також інших країн. Наприклад, у Голландії частка загального житлового фонду складає 35 %, в Австрії — 23 %, у Вели-

кобританії — 20 %, Данії — 19 %, Франції — 17 %. В Україні в 1990 р. частка панельного домобудівництва складала — 7,0 млн. м² або приблизно половину загального обсягу житлового будівництва — 14,1 млн. м². Виробничо-технічна база панельного домобудівництва налічувала 85 домобудівних комбінатів (ДБК) із річною потужністю 9,8 млн. м² загальної площі.

Таким чином, багатолітній досвід свідчить, що інтенсивне нарощування обсягів житлового будівництва можливе лише на індустріальній основі — в першу чергу із застосуванням методу панельного домобудівництва. Сучасний панельний будинок при відповідності всіх його основних характеристик (щодо енергозбереження, різноманітності планувальних рішень, архітектурної виразності тощо) в середньому дешевше на 15-20 % від монолітно-каркасного будинку і на 20-30 % — від цегляного, при цьому 16-25-поверховий будинок будується протягом одного року, включаючи внутрішнє опорядження. Крім того, як свідчить сучасна світова практика, обсяги панельного домобудівництва можливо збільшити до 80 % за рахунок малоповерхового будівництва (2-3 і 4-6 поверхів) об'єктів соціальної сфери (шкіл, дитячих садків, поліклінік тощо). Цьому сприятиме впровадження в останні роки нових гнучких архітектурно-планувальних і конструктивно-технологічних рішень, сучасного технологічного обладнання, форм і оснастки, а також застосування нових оздоблювальних матеріалів.

Слід зазначити, що в Україні збереглася виробничо-технічна база, включаючи необхідну інфраструктуру — інженерні мережі, дороги, комунікації тощо. Ступінь зношення виробничих і адміністративних будівель, складських та інших підсобних приміщень складає 15-30 %, які без значних інвестицій можуть бути використані під сучасні гнучкі технології та обладнання для панельного виробництва. При цьому ключовою проблемою, безперечно, є високий ступінь фізичного зносу технологічного обладнання і форм (70-80 %), а також його моральна застарілість. При реконструкції та технічному переоснащенні існуючої виробничої бази панельного домобудівництва із застосуванням сучасних гнучких технологій та прогресивного обладнання можна в короткі строки відновити та модернізувати існуючу матеріалотехнічну базу домобудівництва на сучасному технічному рівні з метою розвитку саме масового будівництва в необхідних обсягах, передбачених

відповідними законами України і постановами Кабінету Міністрів.

Прикладами такого прогресивного підходу до вирішення проблеми масового будівництва на базі відновлення, реконструкції та модернізації заводів збірного домобудівництва є діяльність низки підприємств КПД у Росії, зокрема, домобудівних комбінатів у Москві, Санкт-Петербурзі, Єкатеринбурзі, Ростові-на-Дону та Білорусі, зокрема, в Мінську, Гомелі, Бресті та інших містах, у яких матеріально-виробнича база домобудівництва та технічний рівень його обладнання подібні до українських. У Москві 19-20 квітня 2011 року відбулася міжнародна науково-практична конференція "Модернизация крупнопанельного домостроения — локомотив строительства жилья экономического класса", 12-14 липня 2011 року в Мінську була проведена міжнародна науково-технічна конференція "Современные методы индустриального домостроения: энергоэффективные системы и конструктивно-технологические решения", в роботі якої активну участь взяли також фахівці домобудівних підприємств, проектних та науково-дослідних організацій України.

На цих двох конференціях була представлена переконлива інформація щодо економічних та технічних аспектів вирішення зазначеної проблеми, інвестиційних можливостей, а також, практично, безальтернативності розвитку панельного домобудівництва для масового зведення доступного і соціального житла, в т.ч. у порівнянні з іншими конструктивно-технологічними системами домо-

будівництва, які були розроблені та впроваджувались протягом останніх 10-15 років у Росії, Білорусі та Україні. Як показала практика, за винятком монолітно-каркасного будівництва всі інші методи обмежувались спорудженням експериментальних об'єктів або невеликими серіями, що не вирішувало житлової проблеми.

Щодо російського досвіду, який обговорювався на московській конференції, найбільш успішною визнана модернізація домобудівного підприємства ЗАО ДСК-7 фірми "Інтеко" в Ростові-на-Дону. Реконструкція та технічне переоснащення застарілого підприємства з використанням новітніх технологій та сучасного обладнання було здійснено за 14 місяців, вартість склала біля 260 дол. США на 1 м² загальної площі з розрахунку на річну потужність. У результаті було створене сучасне автоматизоване високотехнологічне виробництво з річною потужністю 150 тис. м² житлової площі або 215 тис. м² загальної площі для будівництва панельних житлових будинків із новим рівнем архітектурно-планувальних рішень, інженерного забезпечення та якості будівництва.

У Республіці Білорусь була виконана комплексна реконструкція ВАТ "Гомельський ДСК", яка включала як реконструкцію і технічне переоснащення заводу КПД-1 під нову модернізовану серію будинків 152 М без зупинки і зменшення обсягів виробництва будинків серії 152, так і переоснащення всього будівельного комплексу підприємства, включаючи транспорт, піднімальні механізми тощо. Загальна потужність нового виробництва склала 70 тис. м² житла на рік. Вартість 1 м² житла в середньому складає 600 дол. США. На другому етапі планується реконструкція і технічне переоснащення заводу КПД-2 та будівельної техніки з доведенням обсягів введення житла до 210 тис. м² на рік модернізованої серії 152М.

На міжнародній конференції в Республіці Білорусь було також розглянуто успішний досвід одного із найбільших підприємств будівельної галузі України — домобудівного комбінату № 4. До складу комбінату входять завод залізобетонних виробів, три будівельно-монтажних управління та управління виробничотехнічної комплектації. Виробничі потужності заводу розраховані на випуск 340 тис. м³ збірного залізобетону на рік, що дозволяє зводити близько 300 тис. м² житла і додатково до 140 тис. м² об'єктів соціальної сфери на рік. У результаті частка побудованого житла ДБК-4 у Києві



Рис. 1. Пятисекционный будинок нової модернізованої серії "АППС-К-134 М", який введено в експлуатації в листопаді 2010 року по вул. Закревського, 97 у м.Києві

складає більше 15 %, що також свідчить про перспективність розвитку панельного домобудівництва. Середня вартість 1 м² житла складає близько 800 дол. США. У теперішній час комбінат паралельно з випуском будинків серії АППС К-134 (10-16 поверхів), яка дає можливість багатоваріантного планування квартир (до 1200 варіантів), здійснює модернізацію підприємства для випуску сучасної серії будинків АППС К-134 "М", яка характеризується високими технічним рівнем заводського виробництва і техніко-експлуатаційними показниками побудованого житла (див. рисунок). Поверховість будинків збільшилася до 25 поверхів, площа кухні складає до 12 м, збільшена площа санвузлів, значно покращено архітектурно-естетичний вигляд фасадів будинків із урахуванням різноманітності їх архітектурно-планувальних і компоновальних рішень.

Таким чином, можна дійти висновку, що у теперішній час колишні республіки СРСР пішли по шляху відновлення та розвитку випробуваного багатолітньою практикою індустріального методу будівництва житла, але вже на новому технічному рівні та із використанням закордонного досвіду.

За оперативною інформацією, на більшій частині вітчизняних ДБК зберігся виробничий потенціал, в основному приміщення та інфраструктура. Частина підприємств перепрофільована на інші виробництва, а невеликі підприємства ліквідовані. База КПД в Україні налічує до 50 підприємств із загальною потужністю 6-6,5 млн. м² загальної площі. Такий резерв у разі його відновлення і реконструкції протягом 4-5 років може подвоїти обсяги будівництва, в першу чергу доступного і соціального житла. Щодо технологічного обладнання, то воно практично підлягає повному технічному переоснащенню, в основному заміні, але на новому технологічному рівні із використанням сучасного прогресивного обладнання, в т.ч. і закордонного виробництва (матричних форм, магнітних бортів, касетних установок, палет тощо). При цьому найбільш ефективним як з точки зору концентрації фінансових коштів, так і скорочення строків модернізації може бути здійснення окремих пілотних проектів на діючих та найбільш завантажених підприємствах із високим рівнем технічного потенціалу та кваліфікованим персоналом. Модернізовані за сучасними технологіями, ці підприємства можуть стати своєрідними "школами передового досвіду" та служити базовими підприємствами для налагодження виробництва та відпрацювання нового тех-

нологічного обладнання та оснастки з метою поширення цих технологій, обладнання та досвіду на інші підприємства. Тим більше, що їх специфіка та територіальне розташування не можуть створювати значної конкуренції в цій сфері будівництва житла. Супутнім, але суттєвим чинником може бути і завантаження вітчизняних машинобудівних підприємств, які виготовлятимуть форми, оснастку та інше металоємне обладнання.

Ключовим питанням є необхідність залучення коштів. Без підтримки держави або місцевих органів влади вирішити цю проблему практично неможливо. Очевидно, що роль держави повинна бути вирішальною у забезпеченні доступним та соціальним житлом населення.

Домобудівельні комбінати за нинішніх умов потребують фінансової допомоги для здійснення модернізації виробничої бази та виконання окремих пілотних проектів. Ця допомога може надаватися у вигляді податкових пільг, дотування відсоткової ставки по кредитах, надання державних гарантій на отримання коштів, участі в реалізації міської програми будівництва доступного та соціального житла та інші форми фінансової допомоги.

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты анализа современного состояния развития индустриального домостроения в Украине и за рубежом и очерчены проблемы отечественного панельного домостроения и пути их решения. На первом этапе предложено осуществить ряд пилотных проектов на отдельных действующих предприятиях и на их опыте разработать программу государственной поддержки этого прогрессивного направления строительства жилья.

Ключевые слова: строительство, индустриальное домостроение, пилотные проекты, модернизация, государственная поддержка.

ANNOTATION

The results of analysis of the current state of industrial house building development in Ukraine and abroad are presented and the domestic problems of panel house building and solutions are outlined in the article. The implementation of a number of pilot projects on selected existing plants and the development to a program of state support in progressive housing on their experience are proposed in the first stage.

Keywords: building, industrial house building, pilot projects, modernization, government support.

УДК 691.32.,624.012.3/4

*А.А.Франивский, к.т.н.; В.П. Максименко, к.т.н.;
Т.В. Рунова; П.В. Войтенко; О.В. Яцько,
НИИСП, г. Киев*

КОНСТРУКЦИИ САМОНЕСУЩИХ СТЕН МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье приведен анализ технических решений многоэтажных зданий существующего жилого и общественного фонда. Отмечается необходимость повышения теплосберегающих свойств зданий за счет применения в стеновых конструкциях эффективных конструкционных и теплоизоляционных материалов. Приведены 6 вариантов технических решений стен многоэтажных зданий из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения.

Ключевые слова: многоэтажные здания, ячеистобетонные изделия автоклавного твердения, стены внешние, технические решения, конструктивные, теплотехнические и технологические параметры.

До 90-х годов прошлого века в Украине стены многоэтажных зданий возводились, в основном, из кирпича (40% зданий) и крупных панелей (40% зданий). Остальные 20% зданий, в основном, малоэтажных, строились из дерева, мелкоштучных блоков и других местных материалов. В то время основным техническим требованием к конструкциям стен было обеспечение их механической прочности. Теплотехнические показатели стен не нормировались. В результате их теплосберегающие свойства были достаточно низкими. По данным различных исследований, термическое сопротивление стен жилых и общественных зданий постройки того периода составляет $0,7 \div 1,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

С введением в 1996 году государственных нормативов по тепловой защите зданий и их повышением в 2006 году, в первую очередь, сопротивления теплопередаче внешних стен до $2,0 \div 2,8 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ с дифференциацией его по различным температурным зонам страны, возникла необходимость при конструировании стен наряду с безусловным обеспечением их прочностных показателей существенно повысить теплотехнические свойства, пример-

но, в 2-3 раза. Причем сложность проблемы при конструировании стен зданий заключается в определенном противоречии между прочностными и теплотехническими показателями стеновых материалов. Как известно, повышение теплосберегающих свойств стены возможно лишь за счет создания пористой структуры стенового материала, что автоматически приводит к снижению его прочностных качеств. Выход в 90-е годы был найден в принципиально новом подходе к проектированию всей конструктивной системы здания и переходе к применению в качестве основного несущего конструктивного элемента здания — монолитно-железобетонного или металлического каркаса в виде системы (сетки) колонн (пилонов) или ортогонально расположенных внутренних несущих стен, объединенных монолитными перекрытиями (дисками). При этом монолитные перекрытия становились несущими, а внешние стены превращались из основных несущих конструкций здания в самонесущие, главным требованием к которым является обеспечение их достаточной прочности лишь в пределах одного этажа (высотой примерно от 3 м до 6 м). При этой конструктивной системе речь идет лишь об оптимальном сочетании теплотехнических и прочностных свойств стеновых конструкций, где общим критерием эффективности являются стоимостные показатели возведения здания, причем не только при строительстве, но и в значительной степени при эксплуатации с учетом его энергосберегающих характеристик. При этом приоритетным требованием к стенам многоэтажных зданий является обеспечение, в первую очередь, их высоких теплосберегающих качеств при достаточной прочности стен, обеспечивающих их конструктивную надежность и безопасность в пределах одного этажа (рисунок.1).

Исходя из изложенных выше требований и приоритетов в настоящее время наиболее эффективным стеновым материалом, оптимально сочетающим высокие теплотехнические и достаточные прочностные качества как в мировой, так и отечественной строительной практике, является ячеистый бетон автоклавного твердения. По этим качествам материал в нормативных документах называется конструкционно-теплоизоляционным, отвечающим требованиям к самонесущим внешним стенам как по тепловой изоляции при однослойной кладке, так и по прочности в пределах одного этажа.



Рис. 1. Монолитно-каркасное здание с самонесущими внешними стенами из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения

В данное время в Украине действует 13 предприятий по выпуску ячеистого бетона автоклавного твердения с общим объемом производственных мощностей около 3,0 млн. м³. Большинство заводов оснащено современным высокотехнологическим оборудованием преимущественно зарубежного производства и выпускает высококачественную строительную продукцию в виде ячеистобетонных

стеновых изделий, отвечающую всем нормативным документам, и конкурентоспособную по отношению к традиционным стеновым материалам в виде кирпича, керамзитобетонных блоков и других материалов. К ним, в первую очередь, следует отнести современные заводы ООО "Аэрок" (г. Березань и г. Обухов Киевской области); ООО "Ориентир-Будэлемент" (г. Бровары Киевской области); ООО "ЮДК" (г. Днепропетровск), входящие во Всеукраинскую ассоциацию производителей автоклавного газобетона (ВААГ).

Налаживание этими предприятиями массового производства такого высокоэффективного конструкционно-теплоизоляционного стенового материала, как ячеистобетонные изделия, в свою очередь, стимулирует развитие строительства монолитно — каркасных зданий с "теплыми" стенами из ячеистого бетона и, как следствие, создание условий для возведения теплого и комфортного жилья для проживания и вместе с тем недорогого и энергосберегающего в эксплуатации.

Таким образом, в отечественной строительной практике за последние два десятилетия в монолитно-каркасном строительстве "выкристаллизовались" и достаточно хорошо отработаны два конкурентоспособных типовых технических решения стеновых конструкций многоэтажных зданий (рисунки 2-3):

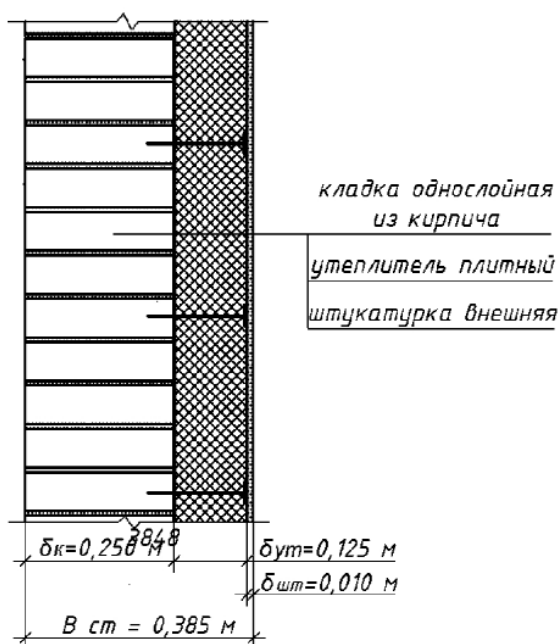


Рис.2. Стена двухслойная из кирпича, плитного утеплителя и внешней штукатурки.
Толщина стены — 0,385 м
Сопротивление теплопередаче $R=3,19 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

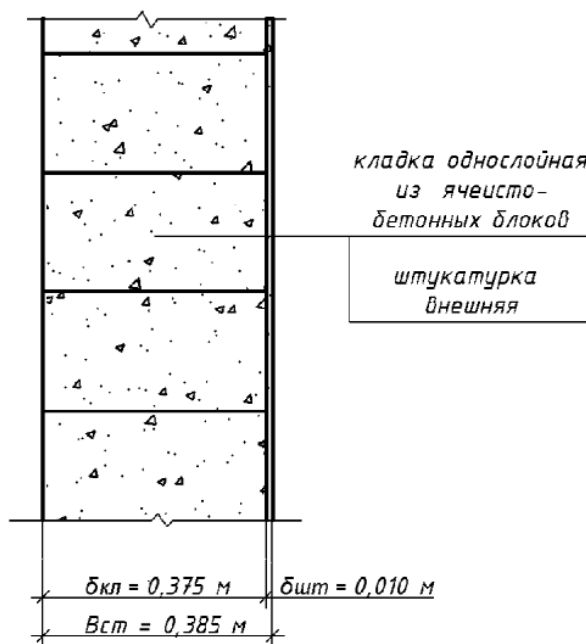


Рис.3. Стена однослойная из ячеистобетонных блоков с внешней штукатуркой.
Толщина 0,385 м
Сопротивление теплопередаче $R=3,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

— двухслойная стена с конструкционным слоем из кирпича и утеплительным слоем из высокоэффективного утеплителя (минеральной ваты или пенополистирола);

— однослойная стена из конструкционно-теплоизоляционного материала в виде ячеистобетонных изделий автоклавного твердения с тонкостенной внешней штукатуркой.

Последнее техническое решение стеновой конструкции из ячеистого бетона имеет ряд достоинств, к которым следует отнести **высокие теплоизоляционные свойства при достаточной прочности**, а также **малый вес и технологичность кладки** благодаря крупным размерам блоков, укладываемых на клеевом растворе.

К другим эксплуатационным характеристикам стеновых изделий из ячеистого бетона следует отнести хорошие показатели **долговечности, огнестойкости, шумоизоляции, воздухо- и паропроницаемости**, а также **хорошую механическую обрабатываемость изделия, незначительную усадку, экологическую чистоту** и ряд других.

В настоящее время в строительстве сложились благоприятные условия для массового использования ячеистого бетона на основе интенсивного развития каркасного способа строительства с одной стороны и налаживания массового выпуска в стране ячеистобетонных изделий — с другой стороны.

В то же время одним из сдерживающих факторов в наращивании объемов применения ячеистого бетона является недостаточная разработка нормативной, расчетно-методической и технической документации. Для решения этой задачи по заказу Всеукраинской ассоциации производителей автоклавного газобетона (ВААГ) НИИ строительного производства совместно со специалистами вышеназванных заводов по производству ячеистобетонных изделий, входящих в Ассоциацию, а также специалистами других заинтересованных организаций разработали альбом-пособие "**Технические решения стен многоэтажных зданий из ячеистобетонных изделий**".

Альбом-пособие разработан для проектирования и устройства самонесущих стен многоэтажных жилых и общественных зданий с несущим монолитным, сборным или сборно-монолитным каркасом с использованием ячеистобетонных блоков автоклавного твердения плотностью 300-500 кг/м³ и классом прочности на сжатие В 1,5-В 3,5, удовлетворяющих нормативным требованиям тепловой защиты зданий $R=2,0-2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{С}^\circ/\text{Вт}$ для всех температурных зон Украины. Технические решения предусматривают проектирование и устройство однослойных и многослойных внешних стен с другими отделочными и утеплительными материалами, а также с различными облицовочными системами,

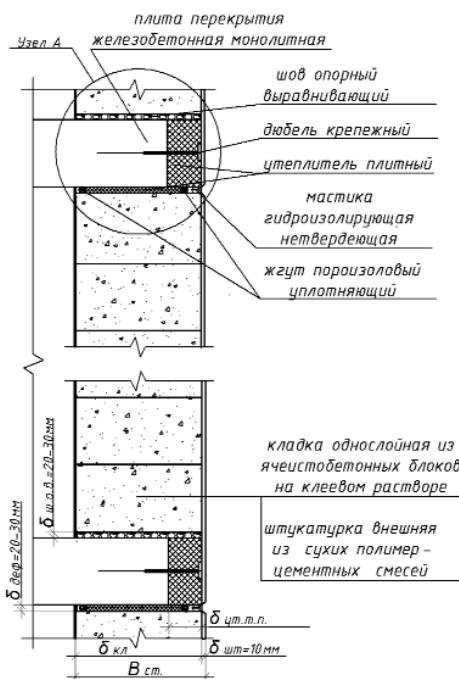


Рис. 4. Стена однослойная из ячеистобетонных блоков с внешней штукатуркой

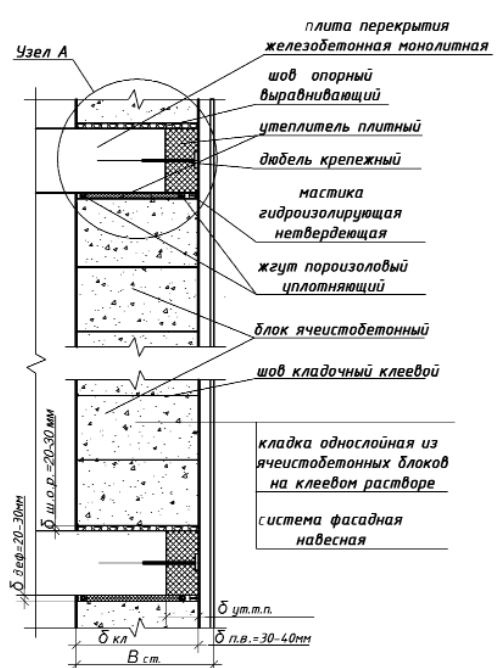


Рис. 5. Стена однослойная из ячеистобетонных блоков с защитно-декоративной облицовкой

в том числе с оштукатуриванием, применением навесных фасадных систем типа "вентилируемый фасад", а также обкладыванием лицевым кирпичом или другими мелкоштучными изделиями.

На рисунках. 4-9 приведены применяемые на практике основные варианты конструктивно-технологических решений стеновых конструкций.

Основные конструктивные, физико-механические и теплотехнические параметры для различных

конструкций стен приведены в таблицах 1-6.

В пояснительной записке альбома-пособия приведены краткие сведения по технологии производства ячеистого бетона автоклавного твердения, номенклатура и основные физико-механические и теплотехнические характеристики ячеистобетонных изделий, необходимые для расчета и конструирования стен, а также нормативная база для производства и применения ячеистого бетона. Кроме

Таблица 1.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены, $B_{ст} = \delta_{кл} + \delta_{шт}$, м	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\delta_{кл}$, м	Марка бетона по плотности D , кг/м ³	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\lambda_{бл}$, Вт/м·К	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) R_{Σ} , м ² ·К/Вт
1a	0,385	0,375	300	B1,5	0,100	3,92
			400	B1,5; B2,0	0,125	3,17
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,82
1б	0,310	0,300	300	B1,5	0,100	3,17
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,58
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,29
1в	0,260	0,250	300	B1,5	0,100	2,68
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,18
1г	0,210	0,200	300	B1,5	0,100	2,18

Таблица 2.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены $B_{ст} = \delta_{кл}$, м	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\delta_{кл}$, м	Марка бетона по плотности D , кг/м ³	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\lambda_{бл}$, Вт/м·К	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) R_{Σ} , м ² ·К/Вт
2a	0,425	0,375	300	B1,5	0,100	3,87
			400	B1,5; B2,0	0,125	3,12
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,77
2б	0,350	0,300	300	B1,5	0,100	3,12
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,53
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,24
2в	0,300	0,250	300	B1,5	0,100	2,63
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,13
2г	0,250	0,200	300	B1,5	0,100	2,13

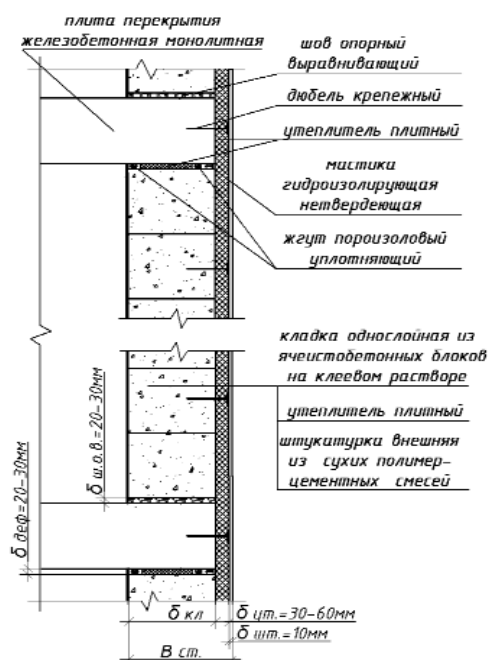


Рис. 6. Стена двухслойная из ячеистобетонных блоков и плитного утеплителя с внешней штукатуркой

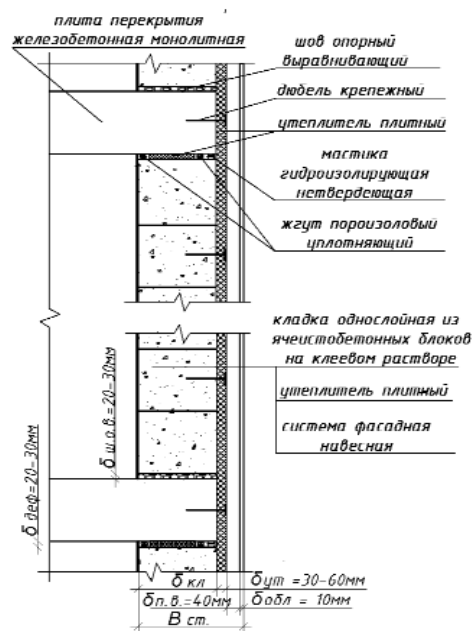


Рис. 7. Стена двухслойная из ячеистобетонных блоков и плитного утеплителя с защитно-декоративной облицовкой

Таблица 3.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены $B_{ст} = \delta_{кл} + \delta_{ут} + \delta_{шт}$, м	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\sigma_{кл}$, м	Марка бетона по плотности D , кг/м ³	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\alpha_{бл}$, т/м·К	Толщина плитного утеплителя $\sigma_{ут}$, м	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) R_{Σ} , м ² ·К/Вт
3а	0,290	0,250	400	B1,5; B2,0	0,125	0,030	2,85
3б	0,300	0,250	500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,040	2,83
3в	0,240	0,200	300	B1,5	0,100	0,030	2,84
3г	0,260	0,200	400	B1,5; B2,0	0,125	0,050	2,89
3д	0,270	0,200	500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,060	2,92

Таблица 4.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены $B_{ст} = \delta_{кл} + \delta_{ут}$, м	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\delta_{кл}$, м	Марка бетона по плотности D , кг/м ³	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\lambda_{бл}$, т/м·К	Толщина плитного утеплителя $\sigma_{ут}$, м	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) R_{Σ} , м ² ·К/Вт
4а	0,330	0,250	400	B1,5; B2,0	0,125	0,030	2,80
4б	0,340	0,250	500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,040	2,78
4в	0,280	0,200	300	B1,5	0,100	0,030	2,80
4г	0,300	0,200	400	B1,5; B2,0	0,125	0,050	2,84
4д	0,310	0,200	500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,060	2,87

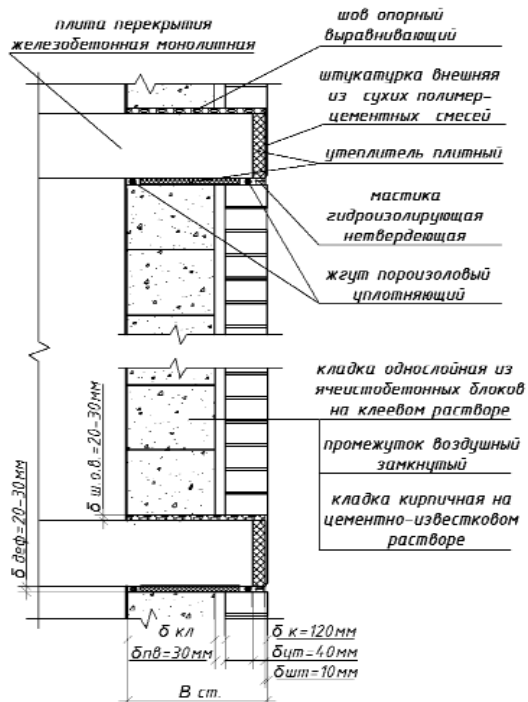


Рис. 8. Стена двухслойная с обкладкой лицевым кирпичом и промежутком воздушным замкнутым

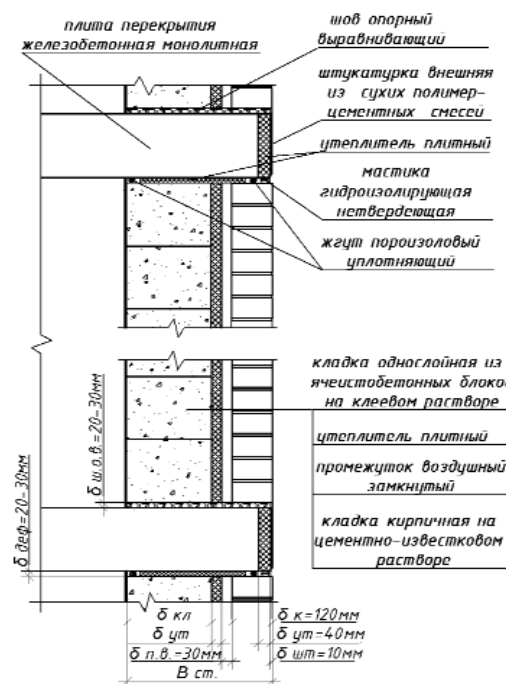


Рис. 9. Стена трехслойная из ячеистобетонных блоков и плитного утеплителя с обкладкой лицевым кирпичом

Таблица 5.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены $\delta_{ст} = \delta_{кл} + \delta_{п.в.} + \delta_{к}, \text{ м}$	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\delta_{кл}, \text{ м}$	Марка бетона по плотности $D, \text{ кг/м}^3$	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\lambda_{бл}, \text{ т/м} \cdot \text{К}$	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) $R_{\Sigma}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
5a	0,525	0,375	300	B1,5;	0,100	4,21
			400	B1,5; B2,0	0,125	3,47
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	3,11
5б	0,450	0,300	300	B1,5	0,100	3,47
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,88
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,59
5в	0,400	0,250	300	B1,5	0,100	2,97
			400	B1,5; B2,0	0,125	2,48
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	2,24
5г	0,300	0,200	300	B1,5	0,100	2,48

Таблица 6.

Подварианты конструктивных решений стены	Толщина стены $\delta_{ст} = \delta_{кл} + \delta_{ут} + \delta_{п.в.} + \delta_{к}, \text{ м}$	Толщина кладки из ячеистобетонных блоков $\delta_{кл}, \text{ м}$	Марка бетона по плотности $D, \text{ кг/м}^3$	Класс бетона по прочности на сжатие B	Теплопроводность ячеистобетонных блоков $\lambda_{бл}, \text{ т/м} \cdot \text{К}$	Толщина плитного утеплителя $\delta_{ут}, \text{ м}$	Расчетное значение суммарного сопротивления теплопередаче (без учета теплопроводных включений) $R_{\Sigma}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
6a	0,430	0,250	500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,030	2,91
6б	0,390	0,200	400	B1,5; B2,0	0,125	0,040	2,97
			500	B2,0; B2,5; B3,5	0,142	0,040	2,78

того, приведено описание конструкций всех основных вариантов внешних и внутренних стен, технологии их устройства, а также даны рекомендации по устройству многослойных конструкций стен с другими утеплительными, штукатурными и облицовочными материалами. При устройстве ячеистобетонных стен с обкладкой лицевым кирпичом и устройством воздушной прослойки для улучшения тепловлажностного режима стены по площади кирпичной кладки устанавливаются вентиляционные элементы для отвода конденсата. В связи с этим в альбоме-пособии приведены конструкции вентиляционных элементов и схемы их расположения по фасаду здания.

Технические решения в чертежах включают поперечные разрезы всех вариантов стеновых конструкций с узлами примыканий к перекрытиям и их утепления, а также устройства деформационных швов между стенами, колоннами и перекрытиями. Кроме того, для строительства в сейсмических районах Украины приведены технические решения усиления стен с армированием и анкерованием к вертикальным несущим конструкциям с помощью арматуры или усилительных поясов из U-образных ячеистобетонных блоков, заполняемых тяжелым бетоном с армокаркасами.

Технические решения узлов крепления к вертикальным несущим конструкциям (колоннам, пилонам и внутренним несущим стенам) приведены для различных элементов зданий (спаренных колонн, эркеров, лоджий, внутренних и внешних углов). Для зданий повышенной этажности в связи с их динамическим поведением под действием ветровых и сейсмических нагрузок технические решения узлов примыкания стен к вертикальным конструкциям включают устройство вертикальных деформационных швов с заполнением плитным герметиком и применением угловых соединительных элементов из коррозионностойких материалов.

В приложениях к альбому-пособию приведены методика и результаты теплотехнических расчетов всех вариантов стен как термически однородных конструкций, так и термически неоднородных конструкций с учетом теплопроводных включений в виде узлов примыкания стен к перекрытиям, колоннам и балконным плитам. Для выполнения прочностных расчетов стен из ячеистобетонных блоков и их конструирования в приложениях приведен пример расчета внешних стен многоэтаж-

ных зданий из ячеистобетонных изделий на сопротивление ветровым нагрузкам, а также результаты испытаний на сопротивление ветровым нагрузкам крепления дюбелей навесных фасадных систем к стенам из ячеистобетонных блоков.

Альбом-пособие предназначен для специалистов проектных, строительных, инвестиционных организаций, предприятий по производству изделий из ячеистого бетона, учебных заведений, а также специалистов других заинтересованных организаций строительной отрасли Украины.

ЛІТЕРАТУРА

ДСТУ Б В.2.7-45-2010 Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови.

ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції.

АНОТАЦІЯ

У статті наведено аналіз технічних рішень багатопверхових будівель існуючого житлового та громадського фонду. Відзначається необхідність підвищення теплозберігаючих властивостей будівель за рахунок застосування в стінових конструкціях ефективних конструкційних і теплоізоляційних матеріалів. Наведено 6 варіантів технічних рішень стін багатопверхових будинків з ніздрюватобетонних виробів автоклавного тверднення.

Ключові слова: багатопверхові будівлі, ніздрюватобетонні вироби автоклавного тверднення, стіни зовнішні, технічні рішення, конструктивні, теплотехнічні та технологічні параметри.

ANNOTATION

The article summarizes the technical solutions of multi-storey buildings of the existing stock of residential and public fund. The necessity of improving the heat-saving properties of buildings through the use of wall constructions of efficient construction and insulating materials. Given 6 options of technical solutions walls of multi-storey buildings of porous products autoclaved.

Keywords: high-rise buildings, cellular products autoclaved, walls external, technical solutions, design, thermotechnical and technological parameters.

УДК 624.1

*Є.А. Загоруйко; С.О. Лозовий,
НТУ "КПІ", м. Київ*

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ДЕФОРМАЦІЙ

АНОТАЦІЯ

Виконано імітаційне моделювання статичних випробувань паль за допомогою програми Plaxis 3D Foundation. Результатом даного моделювання є графіки залежності осідання палі від навантаження, ці результати порівнюються з результатами, отриманими при натурних статичних випробуваннях паль. Також наведені коефіцієнти кореляції окремо для навантаження та розвантаження паль.

Ключові слова: фундаменти, палі, несуча здатність, осадка, моделювання, методи розрахунку, Plaxis 3D.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Перед початком будівництва будівель та споруд, у яких в якості фундаментів використовують палі, обов'язково необхідно провести не менше двох контрольних статичних випробувань паль. Існуючі методи розрахунку несучої здатності пальових фундаментів, розрахунку осідання пальових фундаментів є досить громіздкими та потребують багато часу на їх проведення. Імітаційне моделювання пальових фундаментів у комп'ютерній програмі Plaxis 3D Foundation дозволяє скоротити час на розрахунок осідань палі, дозволяє змоделювати пальовий куш з анкерними палями та визначити їх оптимальну довжину та діаметр, провести моделювання статичних випробувань паль в різних частинах будівельного майданчика в різних ґрунтових умовах з метою скорочення витрати коштів та часу на влаштування пальових кушів та проведення випробувань.

Аналіз досліджень та публікацій. За останні роки в розвитку методів розрахунків, проектування та будівництва пальових фундаментів досягнуто значного прогресу. Науковці в співдружності з фахівцями проектних і будівельних організацій узагальнили накопичений досвід застосування паль у різних ґрунтових умовах, провели великий обсяг експериментальних і теоретичних досліджень, розробили нові або вдосконалили діючі методи розрахунків і

проектування пальових фундаментів. Одним з останніх вкладів став вихід ДБН В.2.1-10-2009 "Основи та фундаменти споруд" зі зміною 1. Значний вклад у проектування та розрахунок пальових фундаментів роблять іноземні вчені, зокрема створення програми Plaxis 3D Foundation та публікацій із дослідження можливостей цієї програми [1-3].

Постановка завдання дослідження. Завданням даної роботи є дослідження нових методів моделювання пальових фундаментів у програмі Plaxis 3D Foundation, визначення осідання паль, вплив анкерних паль на контрольну палю та порівняння результатів з методами розрахунку несучої здатності паль і визначення осідання палі згідно з вимогами ДБН В.2.1-10-2009 "Основи та фундаменти споруд" та СНиП 2.02.03-85 "Свайные фундаменты".

Викладення матеріалу та результати. У якості вихідних даних для дослідження було взято результати чотирьох контрольних статичних випробувань паль.

Буроін'єкційні палі №1 та №2 $\varnothing$ 620 мм, довжиною — 23,5 м було влаштовано при будівництві багатоповерхових житлових будинків на території житлового масиву Осокорки Північні в Дарницькому районі м. Києва. Випробування були проведені у листопаді 2010 року.

Буроін'єкційну палю №3 $\varnothing$ 620 мм, довжиною — 9 м було влаштовано при будівництві паркінгу в ДП "Міжнародний аеропорт "Бориспіль". Випробування були проведені у травні 2011 року.

Забивну металеву палю $\varnothing$ 1000 мм, довжиною - 25 м було влаштовано на будівництві нового об'єкта "Укриття" в м. Чорнобиль. Випробування - червень 2010 року.

Фізико-механічні характеристики ґрунтів та схеми розташування паль у кушах представлені у таблицях 1-4 та на рисунку 1 відповідно.

Були проведені розрахунки несучої здатності трьох буроін'єкційних паль згідно ДБН В.2.1-10-2009 "Основи та фундаменти споруд" та "Руководство по проектированию свайных фундаментов. НИИОСП им. Н. М. Герсеева Госстроя СССР", також були проведені розрахунки осідання паль від статичних навантажень за методом пошарового підсумовування осідань згідно ДБН В.2.1-10-2009.

Проведене імітаційне моделювання статичних випробувань паль за програмою Plaxis 3D Foundation, результатом даного моделювання є графіки залежності осідання палі від навантаження, ці результати порівнюються з результатами, отриманими

Таблиця 1. Фізико-механічні характеристики ґрунтів, що прорізані буроін'єкційною палею №1

№ палі	Назва ґрунту	Щільність	Коефіцієнт фільтрації	Коефіцієнт Пуассона	Модуль деформації	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя
		γ	k	ν	E	C	φ
		[кН/м³]	[м/добу]		[кПа]	[кПа]	[°]
1	Намитий ґрунт	17,6	10	0,3	16000	1	30
2	Пісок дрібний середньої щільності	18,8	5	0,3	34000	1	31
3	Пісок середньої крупності щільний	19,5	6	0,3	55000	1	34
4	Супісок	17,5	0,5	0,31	8000	7	19
5	Суглинок	19,5	0,05	0,35	9000	13	17
6	Суглинок з вмістом органічних речовин	15,5	0,05	0,35	6000	15	17

Таблиця 2. Фізико-механічні характеристики ґрунтів, що прорізані буроін'єкційною палею №2

№ палі	Назва ґрунту	Щільність	Коефіцієнт фільтрації	Коефіцієнт Пуассона	Модуль деформації	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя
		γ	k	ν	E	C	φ
		[кН/м³]	[м/добу]		[кПа]	[кПа]	[°]
1	Намитий ґрунт	17,6	10	0,3	16000	1	30
2	Пісок дрібний середньої щільності	18,8	5	0,3	34000	1	31
3	Пісок середньої крупності щільний	19,5	6	0,3	55000	1	34
4	Супісок	17,5	0,5	0,31	8000	7	19
5	Суглинок	19,5	0,05	0,35	9000	13	17
6	Суглинок з вмістом органічних речовин	15,5	0,05	0,35	6000	15	17

Таблиця 3. Фізико-механічні характеристики ґрунтів, що прорізані буроін'єкційною палею №3

№ палі	Назва ґрунту	Щільність	Коефіцієнт фільтрації	Коефіцієнт Пуассона	Модуль деформації	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя
		γ	k	ν	E	C	φ
		[кН/м³]	[м/добу]		[кПа]	[кПа]	[°]
2	Пісок дрібний, щільний	18,5	5	0,3	30000	1	32
3	Супісок лесовидний твердий	16,3	0,5	0,31	17000	30	25
4	Супісок	16,5	0,5	0,31	20000	18	25
6	Пісок дрібний, щільний	19	5	0,3	40000	1	32
8	Суглинок	18,5	0,05	0,37	22000	20	18

Таблиця 4. Фізико-механічні характеристики ґрунтів, що прорізані забивною металевою палею

№ палі	Назва ґрунту	Щільність	Коефіцієнти фільтрації	Коефіцієнт Пуассона	Модуль деформації	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя
		γ	k	ν	E	C	φ
		[кН/м³]	[м/добу]		[кПа]	[кПа]	[°]
1	Наситний ґрунт	18	10	0,3	20000	5	30
2	Пісок річковий	18	6	0,3	35000	5	33
3	Пісок річковий	18	6	0,3	25000	5	33
4	Пісок річковий(мулистий)	18	4	0,3	5000	18	22
5	Пісок дрібний	17	5	0,3	45000	3	22
6	Пісок мулистий	17	4	0,3	8000	4	32
7	Пісок середньої крупності	17	5	0,3	13000	3	35
8, 9	Пісок дрібний та середньої крупності	17	6	0,3	13000	3	33
10	Мергелева глина	15,3	0,005	0,35	80000	38	23

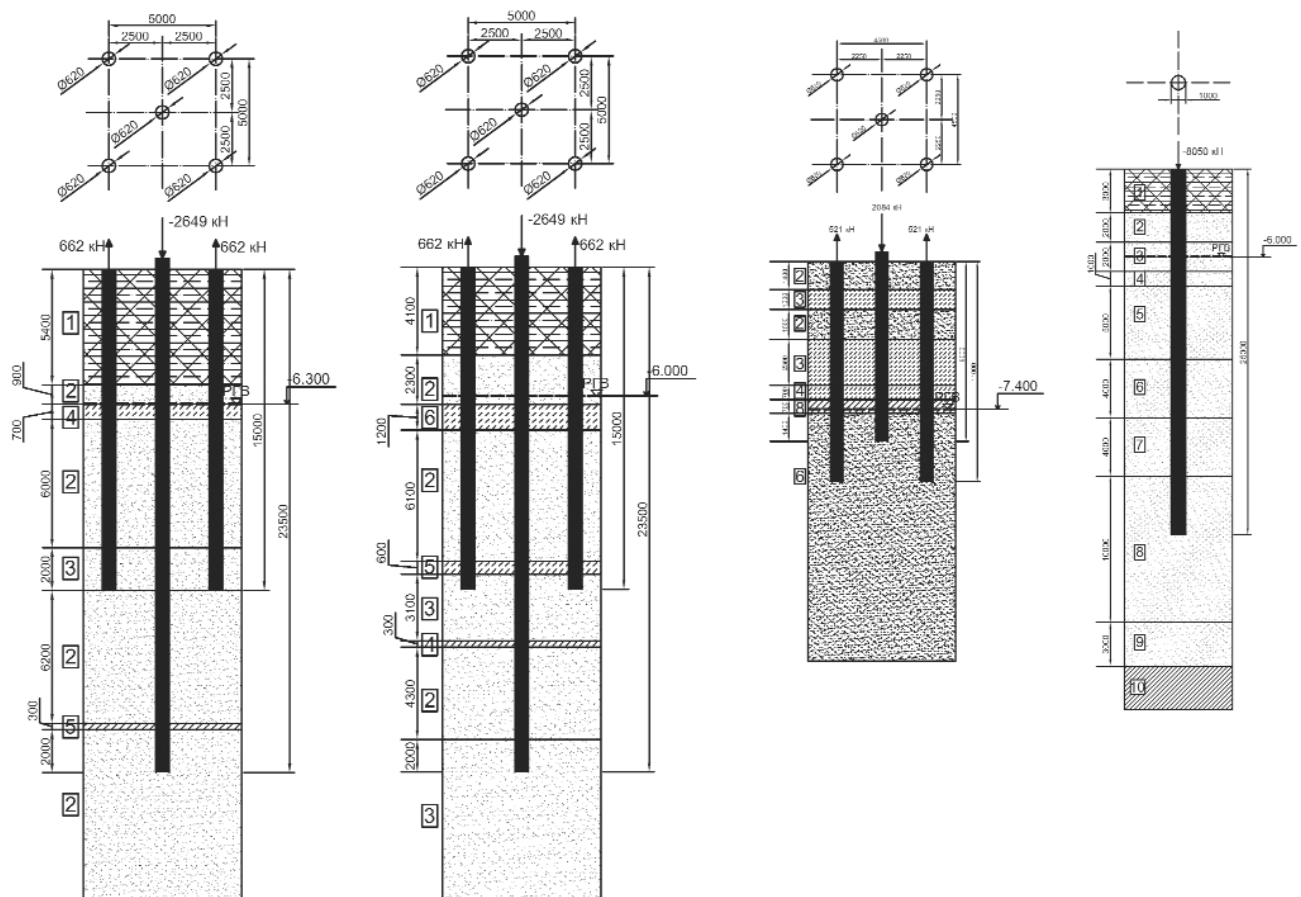


Рис. 1. Геологічні розрізи зі схемою розміщення палей у групах

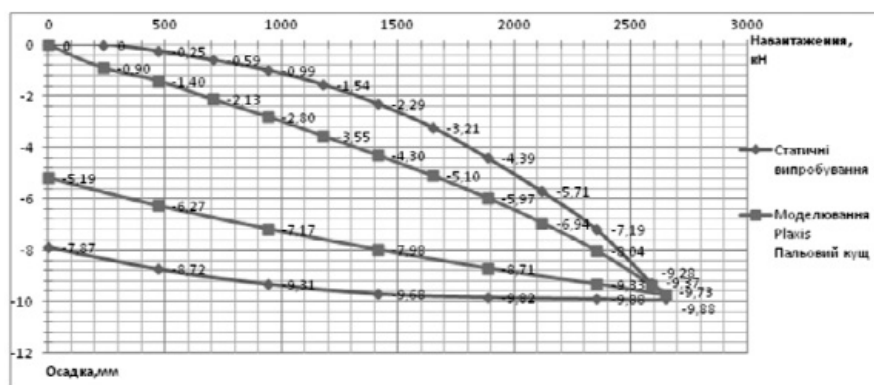


Рис. 2. Буроін'єкційна паля № 1

Коефіцієнти кореляції:	
Навантаження	0,978
Розвантаження	0,948

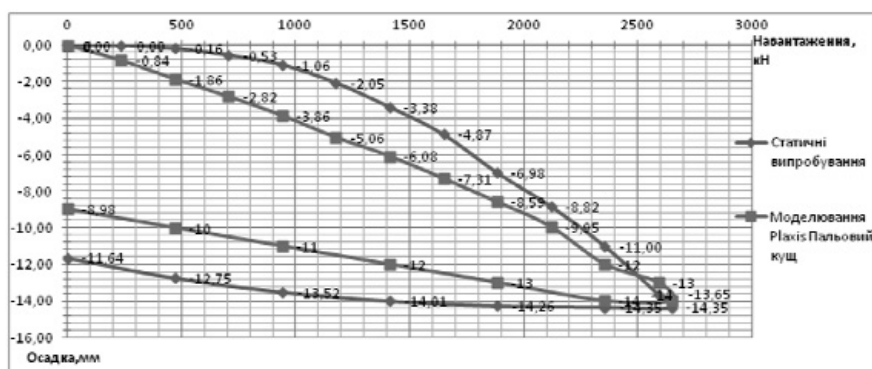


Рис. 3. Буроін'єкційна паля № 2

Коефіцієнти кореляції:	
Навантаження	0,977
Розвантаження	0,941

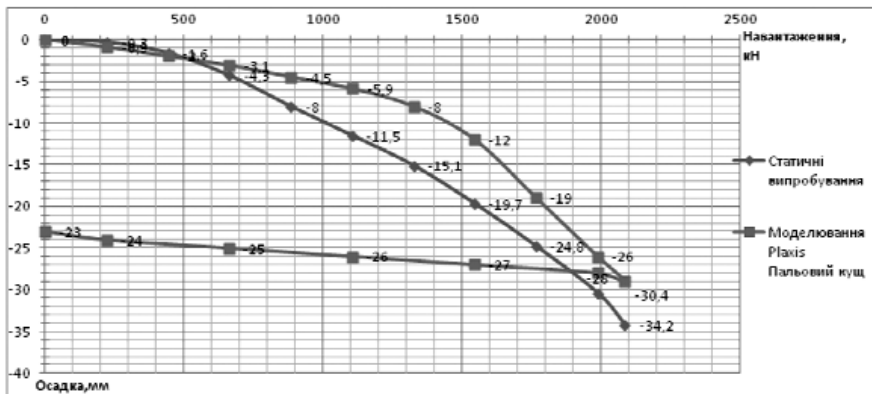


Рис. 4. Буроін'єкційна паля № 3

Коефіцієнти кореляції:	
Навантаження	0,979
Розвантаження	-

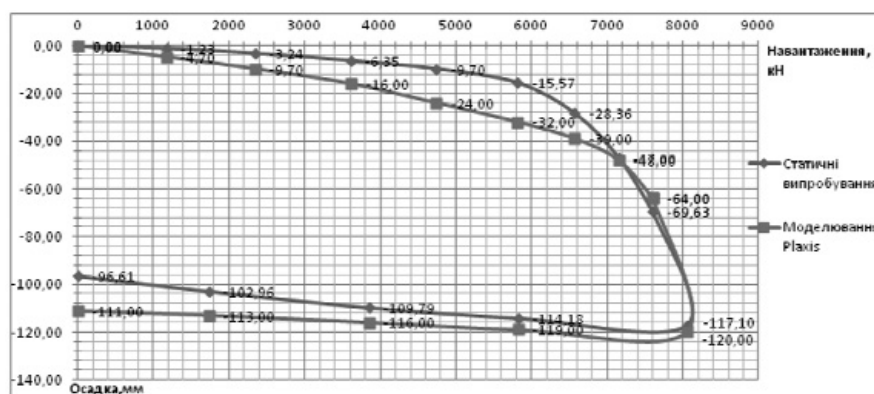


Рис. 5. Буроін'єкційна паля № 4

Коефіцієнти кореляції:	
Навантаження	0,985
Розвантаження	0,992

Таблиця 5.

№ палі	Несуча здатність палі, визначана розрахунком за ДБН В.2.1-10-2009, кН	Несуча здатність палі, визначана розрахунком за СНиП 2.02.03-85	Несуча здатність палі, визначена за результатами статичних випробувань, кН	Максимальне осідання палі від прикладеного навантаження при статичних випробуваннях, мм	Осідання палі, розраховане за методом пошарового підсумовування за ДБН В.2.1-10-2009, мм	Максимальне осідання палі від прикладеного навантаження при моделюванні статичних випробувань Plaxis 3D, мм
1	2725	2089	2207,5	-9,88	-8,03	-9,73
2	2808,5	2146	2207,5	-14,35	-11,06	-13,65
3	1297	1056	1737	-34,20	-32,62	-30,40
4	—	—	—	-117,10	—	-120,00

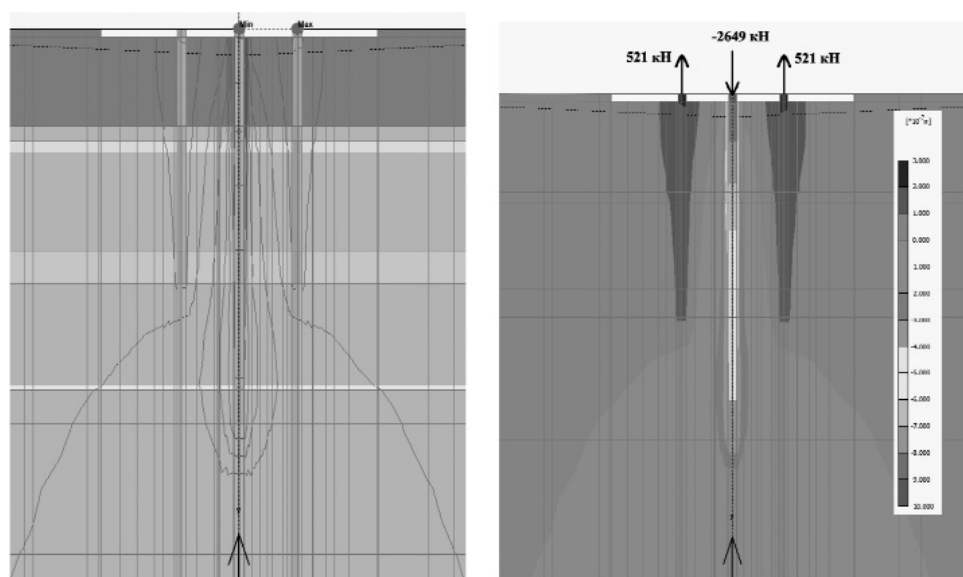


Рис. 6. Розповсюдження деформацій у ґрунті при імітаційному моделюванні статичних випробувань пального куца досліджуваної палі №1.

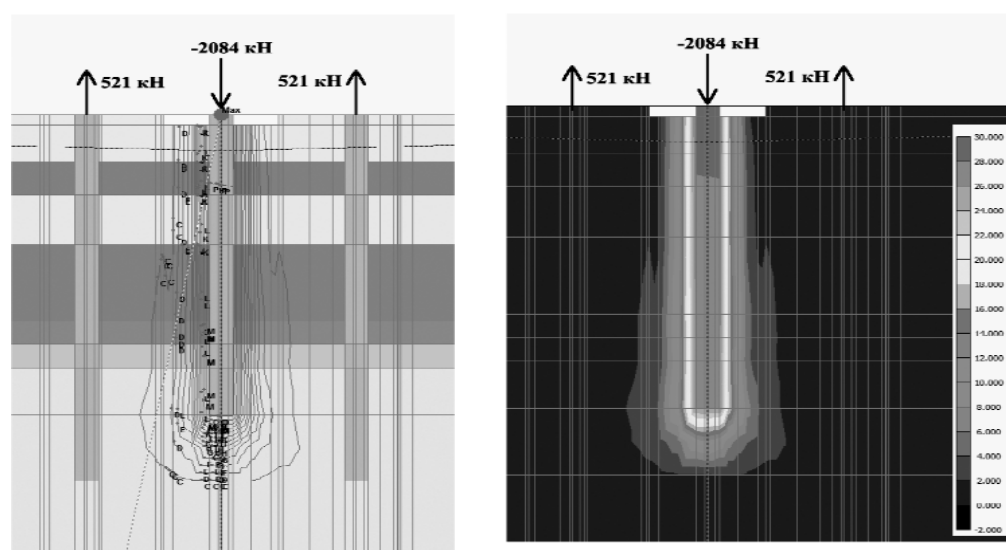


Рис. 7. Розповсюдження деформацій у ґрунті при імітаційному моделюванні статичних випробувань пального куца досліджуваної палі №3.

за натурних статичних випробувань паль на графіках (рисунки 2-5). Також наведені коефіцієнти кореляції окремо для навантаження та розвантаження паль. Червоні графіки показують осідання при моделюванні статичних випробувань паль методом скінченних елементів у програмі Plaxis 3D Foundation 1.6. Сині графіки показують осідання, визначені у польових випробуваннях паль статичними навантаженнями.

Порівняння результатів визначення несучої здатності за результатами статичних випробувань згідно з ДБН В.2.1-10-2009 та СНиП 2.02.03-85, величини осідання паль в натурних статичних випробуваннях, розрахованих значень осідання за ДБН В.2.1-10-2009 та розрахованих значень за програмою Plaxis 3D Foundation 1.6 наведено у таблиці 5.

Проведене імітаційне моделювання статичних випробувань чотирьох паль, що розглядаються у програмі Plaxis 3D Foundation, за результатами якого отримані графіки залежності осідання палі від навантаження. Графіки, складені при імітаційному моделюванні, порівнюються із графіками реальних польових статичних випробувань. Середній коефіцієнт кореляції складає 0,98, а різниця між максимальними значеннями осідання в середньому 5%, що свідчить про високу достовірність даних, отриманих при імітаційному моделюванні.

Точність визначення несучої здатності осідання паль програмою Plaxis 3D Foundation при статичних навантаженнях є більшою ніж при розрахунках, виконаних за методами ДБН В.2.1-10-2009. Відхилення розрахованих значень осідання паль методом шарового підсумовування від контрольних випробувань становить 15,7%.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Отримані результати дозволяють рекомендувати Plaxis 3D Foundation при імітаційному моделюванні статичних випробувань паль у різних ґрунтових умовах будівельного майданчика з метою скорочення витрат на додаткові польові випробування, розрахунку несучої здатності паль, розрахунках осідання пальових фундаментів та побудови графіків залежності осідання палі від навантаження.

Також імітаційне моделювання програмою Plaxis 3D Foundation дозволяє скоротити час розрахунку пальових фундаментів, підвищити ефективність, достовірність та інформативність розрахунку, зменшити витрати на виконання додаткових натурних випробувань та визначати оптимальні розміри пальових фундаментів та анкерних паль при

випробуваннях і проводити імітаційне моделювання необхідної кількості випробувань паль статичними навантаженнями у різних частинах будівельного майданчика та у різних ґрунтових умовах за умови збігу результатів двох необхідних польових випробувань паль та імітаційного моделювання цих випробувань на будівельному майданчику.

ЛІТЕРАТУРА

1. *3D Foundation Version 1.5. Edited by R.B.J. Brinkgreve and W. Broere, Delft University of Technology & PLAXIS bv, The Netherlands.*
2. *"Numerical simulations and parametric study of SDCM and DCM piles under full scale axial and lateral loads as well as under embankment load", Author: D.T. Bergado , T. Suksawat , P. Jamsawang , P. Voottipruex, April, 2010.*
3. *"FE-Analysis of piled and piled raft foundations", Author: J. S. Lebeau, August, 2008.*
4. *ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 "Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування". - К: Мінрегіонбуд України, 2011.*
5. *СНиП 2.02.03-85 "Свайные фундаменты".*
6. *Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1980.*

АННОТАЦИЯ

Выполнено имитационное моделирование статических испытаний свай с помощью программы Plaxis 3D Foundation. Результатом данного моделирования являются графики зависимости оседания сваи от нагрузки, эти результаты сравниваются с результатами, полученными при натурных статических испытаниях свай. Также приведены коэффициенты корреляции отдельно для нагрузки и разгрузки свай.

Ключевые слова: фундаменты, сваи, несущая способность, осадка, моделирование, методы расчетов, Plaxis 3D.

ANNOTATION

Simulation of static tests of piles using Plaxis 3D Foundation. The result of this simulation is a plot of settling piles on the load, these results are compared with the results obtained in the natural static testing of piles. Also shows the correlation coefficients separately for loading and unloading piles.

Key words: pile foundations, carrying capacity, static load tests, modeling, methods of calculation, Plaxis 3D.

УДК 692.23:699.86

*М.Г. Ярмоленко, к.т.н., проф.; Ю.І. Бусько;
О.В. Федоряка, КНУБА, м. Київ*

ЛИЦЮВАЛЬНА ЦЕГЛА ЧИ ШТУКАТУРКА

АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена проблемі запровадження економічно обґрунтованих, ефективних рішень для застосування у практиці будівництва житлових та громадських будівель, що дозволять знизити тепловитрати на опалення та енергоємність експлуатації будівель. Тому стаття представляє порівняльну характеристику найбільш поширених та доступних фасадних систем на території України, а саме системи класу А та класу Б. В статті поставлене питання про найбільш доцільне, екологічно та економічно вигідне технічне рішення.

Ключові слова: теплоізоляція, фасадні системи, ефективні технічні рішення, переваги, недоліки.

Однією з актуальних проблем, що активно обговорюється сьогодні, є проблема модернізації типового житла (особливо першого періоду індустріального житлобудування), яке має найбільший рівень зносу. Країни Західної Європи, як відомо, не найбідніші, вдалися до утеплення будівель у зв'язку з необхідністю зниження енерговитрат на опалення після нафтової кризи 70-х років. Внаслідок зниження тепловитрат через огорожувальні конструкції будівель енерговитрати на опалення зменшилися тут приблизно вдвічі. Україна в свою ж чергу прагне наслідувати практику своїх західних колег. Проблемаю залишається лише розробка та впровадження ефективних та економічних для України утеплювальних систем для додаткового утеплення огорожувальних конструкцій будівель.

За останніми даними на території України активно використовуються теплоізоляційні фасадні системи. Найбільш доступними та поширеними є системи класу А та класу Б, що повністю здатні вирішити дану проблему.

Метою роботи є визначення найбільш економічно, екологічно та технічно ефективних рішень теплоізоляційних фасадних систем на території України. Вирішення поставленої задачі відбувалось шляхом порівняння двох варіантів фасадних систем класу А та класу Б.

Для з'ясування даної проблеми наведена повна порівняльна характеристика фасадних систем за всіма показниками, а саме економічність, технологічність, екологічність, технічність, архітектурна виразність, вплив на мікроклімат тощо, з урахуванням довговічності, що раніше в літературі не зазначалося.

В українській будівельній практиці використовуються такі класи зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією (за ДСТУ Б В.2.6-34:2008):

КЛАС А — конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою;

КЛАС Б — конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою;

Клас В — конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з вентиляльованими повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами;

КЛАС Г — конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами.

Зрозуміло, що кожна з цих систем має свої переваги та недоліки, а також найбільш раціональну сферу застосування. Тому використання цих технічних рішень в Україні має бути всебічно обґрунтованим.

При виборі утеплювальних систем слід враховувати технічні, економічні, екологічні фінансові та естетичні вимоги:

- вартість;
- вплив на будівельні конструкції після утеплення (повітро- та паропроникнення, вологість стін, температурні деформації тощо);
- вплив на мікроклімат житлових приміщень після утеплення (температурний, вологісний та гігієнічний стан);
- технологію виконання робіт;
- архітектурну виразність;
- екологічну чистоту;
- наявність матеріалів вітчизняного виробництва.

Детально ми розглянемо та порівняємо найбільш доступні та поширені на території України фасадні системи, а саме системи класу А та класу Б.

Зовнішні стіни із фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками або дрібноштучними виробами - збірні системи - відповідно до ДБН В.2.6-33, ДСТУ Б В.2.6-34 відносяться до конструктивного класу А.

За типом опоряджувального шару конструкції

зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатуркою поділяються на :

A1 — з тонкошаровими штукатурками завтовшки до 10 мм;

A2 — з масивними штукатурками завтовшки 10 мм (в оригіналі — 10мм) та більше;

A3 — з опорядженням дрібноштучними виробами.

Технічне рішення цієї системи передбачає клейове або механічне закріплення утеплювача до існуючої стіни за допомогою анкерів, дюбелів і дротяних каркасів з наступним покриттям захисними шарами. В залежності від штукатурного шару застосовуються два види систем кріплення - жорстке кріплення до стіни за допомогою анкерів і гнучке кріплення за допомогою шарнірних або пересувних кронштейнів.

Конструкція із фасадною теплоізоляцією складається з таких елементів (ДСТУ Б В.2.6-36:2008):

а) ґрунтувальний шар і, в разі потреби, шар для вирівнювання поверхні стіни, яка підлягає утепленню;

б) шар високоадгезійного клею;

в) теплоізоляційний матеріал;

г) механічно фіксуючі елементи (за винятком клеєних виключно високоадгезивним клеєм);

д) захисний шар по теплоізоляційному шару із втопленою армувальною сіткою з лугостійкого скловолокна;

є) вирівнювальний штукатурний шар (за потреби) або другий шар захисного покриття;

ж) адгезійний ґрунтувальний шар;

з) декоративно-захисне покриття.

До складу комплексу входять також матеріали, які ущільнюють та герметизують місця примикання теплоізоляційного шару до віконних, дверних і ворітних прорізів, конструкцій покрівлі, а також деформаційні шви в теплоізолюючому шарі.

Послідовність розташування окремих складових елементів збірної системи наведена на рис.1.

Ця система застосовується в Україні декілька років і великого досвіду її експлуатації в кліматичних умовах нашої країни наразі немає. Більш того, до цього часу не проведено коректних випробувань, які б визначили їх спроможність запобігати попаданню вологи в утеплювач протягом періоду експлуатації.

Переваги фасадних систем з штукатуркою:

* порівняно низька вартість матеріалів і штукатурно-фарбувальних робіт;

* незначна товщина штукатурного шару (8-20мм), добре зчепленого зі стіною, практично не потребує додаткових вимог до посилення цокольної та фундаментної частин будівлі;

* основні компоненти штукатурних сумішей є екологічно чистими та біоінертними сполуками;

* більшість фасадних штукатурних сумішей надають опоряджувальному шару гідрофобних властивостей (коефіцієнт водопоглинення 1-3%). Це виключає необхідність проведення додаткової гідрофобізації;

* добра ремонтпридатність, оскільки за наявності оригінальних матеріалів можна швидко і якісно виправити як точкові дефекти, так і значні пошкодження штукатурно-фарбового шару;

* висока стійкість до сонячної радіації (особливо не пофарбованих систем);

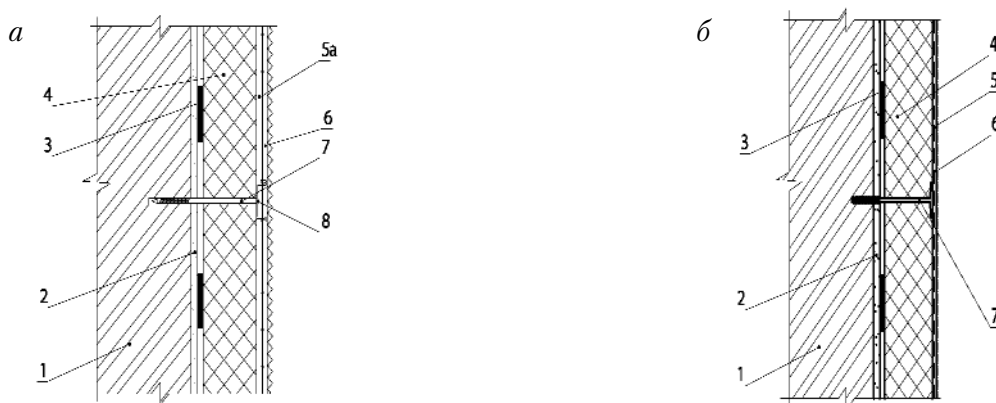


Рис.1 — Конструктивна схема зовнішньої стіни з фасадною суцільною теплоізоляцією з опорядженням масивними (а) та легкими тонкошаровими (б) штукатурками :1 — несуча частина стіни, 2 — вирівнювальний штукатурний шар, 3 — клейовий шар, 4 — шар теплової ізоляції (утеплювач), 5 — захисний шар, армований сіткою (5а — металевою), 6 — опоряджувальне покриття, 7 — фіксатор металевої сітки, 8 — елемент механічного кріплення утеплювача.

* абсолютна стійкість до вітрових навантажень;

* вартість одного квадратного метра штукатурки складається із вартості матеріалів (2,5-10 \$/ м²) і оплати праці штукатурів-малярів (8-10 \$/м²) і загалом складає 12-20\$/ м². Значну різницю в вартості матеріалів захоплює діапазон від простої цементно-піщаної штукатурки до сучасних фактурних композицій з фінішним фарбуванням(таблиця 1);

* швидкість облаштування такого фасаду залежить від швидкості нанесення штукатурного шару (1-1,2 м²/ люд-год.) і, якщо передбачено, лакофарбового покриття (2-3 м²/люд-год). В залежності від розмірів котеджу його обштукатурювання та фарбування можуть тривати від декількох днів до 1-1,5 тижня;

* великий вибір фактурних штукатурних сумішей і широкий спектр лакофарбових матеріалів дозволяє широко вирішувати питання підвищення естетичної привабливості фасаду.

Недоліки фасадних систем з штукатуркою :

* цей варіант оформлення фасаду не дозволяє помітно підвищити теплотехнічні характеристики стіни;

* внаслідок нерівномірності температурно-вологісних деформацій основної стіни та покрівельного шару, теплообмінних процесів у самому покритті та неправильного застосування кріплення в залежності від товщини покрівельного шару виникає проникнення вологи , розтріскування та розшарування покриття;

* різниця в строках експлуатації штукатурного і лакофарбового покриття викликає необхідність періодичного проведення косметичних та планових ремонтів фасаду;

* різноманітність та номенклатура сучасних будівельних матеріалів надзвичайно швидко змінюються, тому якщо ви плануєте використовувати для подальших планових та поточних ремонтів оригінальну штукатурку , запастися цими матеріалами потрібно ще на етапі первинної закупки. Розміри запасів будуть залежати від співвідношення строків служби штукатурного та лакофарбового шару;

* розрахунковий термін служби штукатурних фасадних систем 20-30 років, а фасадних фарб близько 5-7 років, тому при оцінці сумарної приведеної вартості, доведеться 4-5 раз витратитися на оновлення лакофарбового шару;

* порівняно невеликий безремонтний термін експлуатації;

* у випадку пожежі штукатурні системи (за винятком піноскляних) стають повністю непридатними і потребують капітального ремонту (заміни);

* чуттєва реакція на вплив техногенних хіміко-агресивних факторів. Результатом подібного впливу може бути поступове вивітрювання лицевого штукатурного шару , зниження його бар'єрно-захисних властивостей і накопичення пило-сажових забруднень. На це варто звернути увагу, якщо по сусідству з будинком знаходиться ТЕС, металургійне чи хімічне підприємство або великі автомагістралі.

Досить широко у вітчизняній практиці житлобудування використовуються зовнішні стіни з опоряджувальним шаром з цегли .

За типом опоряджувального шару конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою (клас Б) за ДСТУ Б В.2.6-34 поділяються на:

Б.1- З опорядженням керамічною цеглою

Б.2- З опорядженням силікатною цеглою

Б.3- З опорядженням пресованим каменем

Б.4- З опорядженням клінкерною цеглою.

Улаштування такої системи виконується ярусами в межах поверху і в єдиному технологічному циклі зведення зовнішньої стіни. Улаштування виконується з використанням технології зведення зовнішніх несучих і самонесучих стін в такій послідовності:

- зведення тримальної частини зовнішньої стіни із цегли на висоту ярусу;

зведення на цоколі (фундаменті) опоряджувального шару з 1/2 цегли на висоту ярусу в межах 600мм;

- встановлення плит утеплювача з фіксаторами повітряного прошарку на висоту ярусу;

- встановлення конекторів.

Таким чином , ярусами виконується зведення стіни в межах поверху з наступним монтажем залізобетонних перекриттів і по висоті будинку в межах трьох поверхів. На рівні поверху (у подальшому через 3 поверхи) улаштовується личкування і утеплення розміщених вище поверхів.

Відповідно до робочого проекту будинку виконують армування несучої частини стіни і опоряджувального шару арматурними сітками.

Технологія влаштування даної системи складається з більш уніфікованих процесів ніж систем утеплення з оштукатурюванням фасадів.

Послідовність розташування окремих складових елементів збірної системи наведена на рис. 2.

Переваги фасадних систем з опоряджувальною цеглою:

- * відсутність спеціальних конструктивних елементів та багатовікова традиційність подібних фасадів не потребує спеціальних навиків у мулярів;
- * можливість її застосування практично при будь-якому стіновому матеріалі (цегла, пінобетон, газобетон можна укласти на оштукатурену стіну);
- * проста (кладочна) технологія виконання робіт, що значно спрощує їх виконання на фасадах будівель та примикання до елементів будівель;
- * цегла, накопичуючи сонячну енергію, повільно й рівномірно віддає тепло, що захищає від надмірного нагрівання влітку та зберігає тепло взимку;
- * близькі за значенням коефіцієнти температурного розширення всіх матеріалів стіни виключають виникнення температурних напружень при зміні пір року;
- * керамічна цегла — чудовий звукоізолятор;
- * волога, що міститься в товщині стіни та всере-

дині будівлі, має можливість міграції за межі будівлі;

- * керамічна лицьова та клінкерна цегла абсолютно кольоростійка, оскільки при її виробництві не використовуються барвники або компоненти, чутливі до дії інфрачервоного, видимого або ультрафіолетового випромінювання;
- * здатність до видалення шкідливих речовин;
- * екологічність цегляних фасадів близька до ідеалу;
- * цегляний фасад не має конкурентів з пожежостійкості;
- * дуже довгий безремонтний термін експлуатації, який може перевищувати століття;
- * середня ремонтпридатність;
- * абсолютна стійкість до сонячної радіації;
- * абсолютна стійкість до вітрових навантажень;
- * обпалена кераміка абсолютно інертна в хімічному сенсі;
- * облицювальна цегла має здатність до самоочищення під час дощів;
- * облицювальну цеглу можна застосовувати як при зведенні нових будинків, так і використовувати в різних реставраційних роботах;

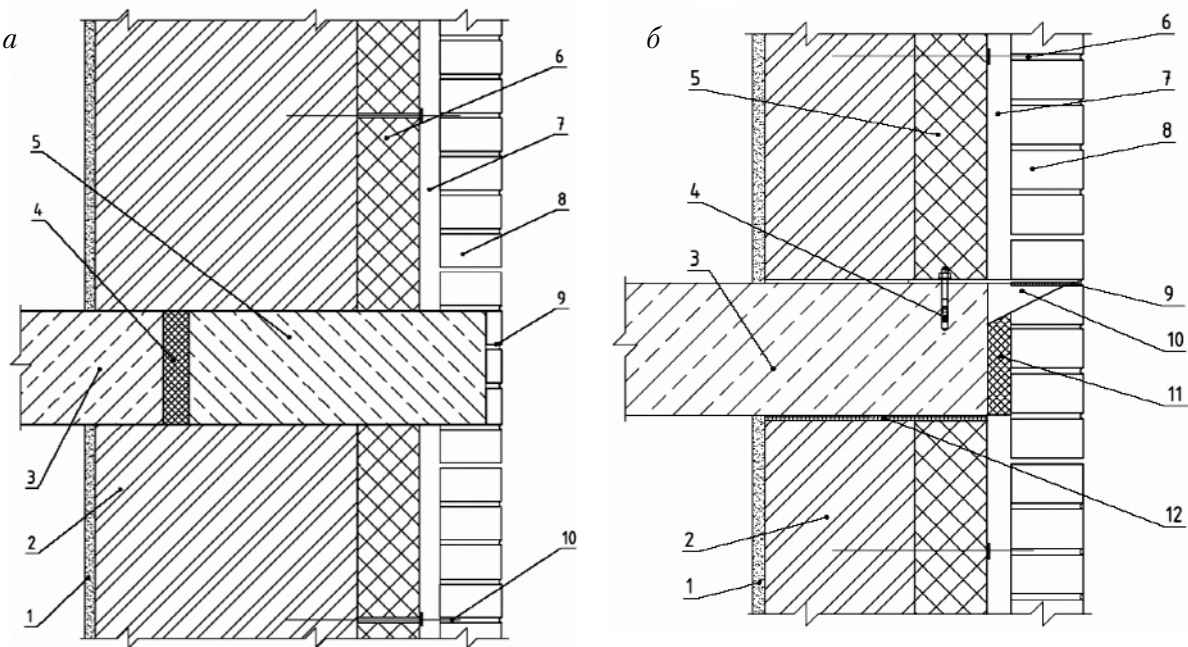


Рис. 2 — Конструктивно-технологічна схема зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією з опорядженням цеглою з несучими (а) і самонесучими (б) зовнішніми стінами: 1 — внутрішня штукатурка; 2 — несуча стіна; 3 — плита перекриття; 4а — додатковий теплоізоляційний вкладиш (4б — анкер клиновий); 5а — залізобетонний консольний пояс через 3-4 поверхи; 6, 5б — шар теплової ізоляції; 7 — повітряний вентиляований прошарок; 8 — опоряджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів з вентиляційними отворами у вертикальних швах; 9а — клінкерна фасадна цегла (9б — температурний компенсатор); 10а — металевий зв'язок із фіксатором теплоізоляційного шару (10б — дискретні кронштейни через три поверхи); 11 — теплоізоляційний вкладиш; 12 — компенсаційний шов

* діапазон різних форм і кольорів облицювальної цегли дає можливість створення імітації старовинних будівель при зведенні сучасного будинку, а також дозволяє відтворити втрачені фрагменти фасадів старовинних особняків (втиснутий рельєф, обробка під мармур, дерево, антик);

Недоліки фасадних систем з опоряджувальною цеглою:

* висока середня щільність цегляної кладки (більше 1500 кг/м³) потребує посиленого фундаменту;

* виконання умов мінімізації тепловитрат потребує використання спеціального "теплого" кладочного розчину;

* висока пористість цегли потребує обов'язкової гідрофобізації готового фасаду. Використання клінкерної цегли з водопоглинанням нижче 6% (і особливо його глазуrowаних і торкретированих різновидностей) дозволяє обійтися без додаткової обробки гідрофобізуючими матеріалами;

* з недоліків облицювальної цегли варто відзначити її дорожнечу в порівнянні з керамічною цеглою. Крім цього, укладання облицювальної цегли в ціновому еквіваленті обійдеться дорожче ніж укладання звичайної керамічної цегли;

* фасад будинку, де використовується облицювальна цегла, вимагає дбайливого до себе відношення оскільки при ушкодженні хоча б однієї цеглини, усунути дефект не вдасться й фасад у цілому може втратити свою привабливість;

* цеглу необхідно купувати з невеликим запасом, оскільки, як правило, розрахункова кількість відхиляється від реальної до 10%;

* низька швидкість спорудження цегляної кладки може стримувати виробництво інших будівельних робіт на об'єкті;

* вартість одного квадратного метра опоряджувального шару складається з вартості матеріалів (18-82\$/м²) і оплати праці мулярів (18-25\$/м²), що разом може скласти 35-100\$/м².

Таблиця 1

№	Характеристика	Штукатурка					
		Силікатна	Силіконова	Мінеральна	Акрилова	Цементно-піщана	Цементно-вапняна
1	Середня густина, кг/м ³	31900	1800	1400-1600	17300	640	1800
2	Щільність	1,65-1,75г/м ³	до 1,6 г/м ³	1,5 г/м ³	1,45 г/см ³	1,5 г/м ³	1,5 г/м ³
3	Водопоглинання	< 0,1 кг/м ² ч ^{0,5}	0,1 кг/(м ² ч ^{0,5})	0,4 кг/м ² /м ² ч ^{0,5}	< 0,1 кг/м ² ч ^{0,5}	0,4 кг/м ² /м ² ч ^{0,5}	0,4 кг/м ² /м ² ч ^{0,5}
4	Марка за морозостійкістю	Не більше 100 циклів	75 циклів	75 циклів	100 циклів	Не менше 35 циклі	М-25, М-50, М-75, М-100
5	Марка за міцністю	-	-	-	-	-	-
6	Границя міцності на згин, кгс/см ²	≥ 15 МПа	≥ 4 МПа	≥ 4 МПа	≥ 4 МПа	≥ 4 Мпа	≥ 4 Мпа
7	Коефіцієнт теплопровід. Вт/м*С	≤ 0,39	0,7	0,8	0,76	0,78	0,7
8	Опір повітропроникненню, м ² *год*Па/кг	0,1	0,02	≥ 0,1	0,096	0,1-0,15	0,23
9	Термін експлуатації	В середньому 15-20р., залежить від ряду умов експлуатації.					
10	Вартість 1 м ² , грн	80	115	75	85	75	60
11	Вартість будівельно-монтажних робіт 1 м ² , грн	285	295	275	295	275	275
12	Приведена вартість 1 м ² , грн.	490	515	435	445	395	370
13	Довговічність, років	20-25	До 25	Не менше 10	10-15	Не менше 10	Не менше 10

Таблиця 2

№	Характеристика	Цегла			
		Облицовальна лицьова			клінкерна
		звичайна	умовно ефективна	ефективна	
1	Середня густина, кг/м ³	понад 1600	від 1400 до 1600	до 1400	1900...2100
2	Пористість	6...14			Менше 5
3	Водопоглинання	6...13% макс. допустиме 12-28% за масою			3...5%
4	Марка за морозостійкістю	F-50, F-75, F-100, F-150			F-50, F-75, F-100, F-150
5	Марка за міцністю	75, 100, 125, 150, 175, 200, 250			250, 300, 350, 400, 500
6	Границя міцності на згин, кгс/см ²	1,8; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,9.			12,5
7	Коефіцієнт теплопровід. Вт/м*С	Більше 0,58	0,46-0,58	Не більше 0,46	1,16
8	Опір повітропроникненню, м ² *год*Па/кг	Товщина шару, 120 мм ⁻¹			Товщина шару, 120 мм ⁻¹
9	Термін експлуатації	В середньому 50-70 р, залежить від ряду умов експлуатації.			Більше 100 р. Не потребує спеціального догляду
10	Вартість 1 м ² , грн	150			550
11	Вартість будівельно-монтажних робіт 1 м ² , грн	365 475			
12	Приведена вартість 1 м ² , у грн..	565	565	565	1275
13	Довговічність, років	100-150			

Висновки.

Згідно з порівняльними даними табл.1-2 та вище перерахованих переваг та недоліків кожної з систем можна сказати, що технічні показники однаково задовільні в обох системах, але використання конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровими штукатурками, з економічної точки зору, є найбільш привабливими. Так, вартість таких робіт в залежності від типу утеплювача може складати в середньому від 260 грн. до 425 грн. за 1 м². Звичайно, наша українська економічність змушує без вагань вибирати штукатурку, забуваючи про один надзвичайно важливий показник — довговічність. Як не запевняє нас виробник про термін довговічності штукатурки, на жаль, слугує вона лише 10-15 років, тобто як мінімум за сторіччя, що вам прослугує цегла, на капітальний ремонт фасаду з штукатурки ви переплатите 48%.

Не дуже економічно?!

Крім того, гарантії правильного влаштування систем з опоряджувальною цеглою вищі, оскільки цегла є стандартизованим будівельним ма-

теріалом, а штукатурні розчини готуються на будівельному майданчику самостійно або використовують сухі штукатурні суміші. В оштукатурених будівлях вище 5 поверхів порушена навіть сама технологія виробництва, оскільки до цього залучають не професійних промислових альпіністів, які не мають жодного уявлення, що за технологічним регламентом реалізації фасадних систем класу А з опорядженням тонкошаровою штукатуркою відповідно до ДСТУ БВ.2.6-36:2008 необхідно виконувати конструктивно-технічні вимоги:

* всі технологічні операції повинні виконуватися тільки із жорстких зовнішніх риштувань. Використання різних підвісних коликів не допускається;

* риштування повинні закриватися захисною сіткою від прямого сонячного освітлення, вітру і дощу;

* температура нанесення опорядження повинна відповідати показникам +5 — +30 °С;

* додаткове (до наклеювання) закріплення утеплювача повинно виконуватись дюбелями глибиною 50-100мм в залежності від конструкції не-

сучої частини стіни. Кількість встановлених дюбелів — у відповідності з ДСТУ БВ.2.6-36 (таблиця Г-1). Кожна плита повинна додатково закріплюватись двома дюбелями за армуючу сітку;

* перепади між плитами на стиках повинні бути зашліфовані в площині;

* наклеювання армуючої сітки повинно виконуватись на нанесений захисний шар товщиною не менше 2 мм;

* необхідно забезпечити напуск сітки в усіх напрямках не менше 100мм.

З огляду на перелічені вимоги і пряме нехтування ними під час опорядження фасаду ніхто не дає гарантії, що через 3-4 роки ця штукатурка не зруйнується і не впаде на голови перехожих.

На даний період багато хто надає перевагу саме цегляному опорядженню фасаду. Це обумовлено архітектурною та зовнішньою привабливістю стін з цегли, традиційною довірою мешканців до гігієнічних властивостей цегли з глини та кераміки. Навіть з естетичної точки зору цегляний фасад є стандартом у малоповерховому будівництві і залишає широке поле для архітектурної творчості. В уявленні більшості із нас поняття "цегла", "дім", "затишок", "надійність" нерозривно зв'язані на психологічному рівні.

Тому надійність і затишок чи непевна економічність і постійна турбота? Ваш вибір?!

ЛІТЕРАТУРА

1. Кокин А. Д., Вершинина О. С., Каптельцева Т. М. и др. *Отделочные работы в строительстве.* - М.: Стройиздат, 1987.- 656 с.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблеме введения экономически обоснованных, эффективных решений для применения в практике строительства жилых и общественных зданий, которые позволят снизить теплопотери на отопление и энергоёмкость эксплуатации зданий. Поэтому статья представляет сравнительную характеристику наиболее распространённых и доступных фасадных систем на территории Украины, а именно системы класса А и класса Б. В статье поставлен вопрос о наиболее целесообразном, экологически и экономически выгодном техническом решении.

Ключевые слова: теплоизоляция, фасадные системы, эффективные технические решения, преимущества, недостатки.

ANNOTATION

The article is devoted to the problem of introduction of economically backgrounded effective solutions to use in the practice of house building and communal building, which permit to reduce warmth expenses and power consumption of exploitation of buildings.

Therefore the article represents a comparative characteristic of the most widely spread and available facade systems on the territory of Ukraine, to wit the systems of A and B class. In the article the question about the most reasonable, ecologically and economically profitable technical decision is explained.

Keywords: thermal insulation, front systems, advantages, shortcomings.

УДК 699.841

Д.О. Хохлін, НДІБВ, м. Київ

СТАН БУДІВЛІ ПРИ ПОЄДНАННІ СЕЙСМОНЕБЕЗПЕКИ ТА УМОВ, ЩО МОЖУТЬ ПРИЗВЕСТИ ДО ЗНАЧНИХ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ

АНОТАЦІЯ.

У статті розглянуті питання можливого суміщення сейсмічних впливів та значних нерівномірних деформацій основи різного походження на території України, особливості напружено-деформованого стану будівель при такому суміщенні, а також проблеми та пропозиції щодо нормативних вимог стосовно його врахування.

Ключові слова: нерівномірні деформації, сейсміка, суміщення впливів, напружено-деформований стан, будівельні норми.

Актуальність питань будівництва на майданчиках, де поєднуються сейсмонезбезпека та чинники, які можуть призвести до значних нерівномірних деформацій основ будівель, полягає в широкій розповсюдженості таких умов на території України. Проблема захисту будівель ускладнюється

нормативним та фактичним збільшенням площі територій зі складними та особливими інженерно-геологічними умовами, зокрема розширенням сейсмонезбезпечних регіонів, збільшенням зсувонезбезпечних ділянок, підняттям рівня ґрунтових вод тощо. Проблемою також є наявність великого обсягу застарілого фонду нерухомості, який поєднує фізичну зношеність, незадовільний технічний стан і недостатню пристосованість до сприйняття дії можливих складних впливів та, особливо, їх поєднання.

Розташування сейсмонезбезпечних територій України нормативно визначено у ДБН В.1.1-12:2006 [1], а для будівель масового цивільного, промислового призначення, різноманітних житлових об'єктів у міській та сільській місцевості - на відповідній карті ЗСР-2004-А (рис. 1).

Як видно з карти на рис. 1, до сейсмонезбезпечних територій (6-9 балів за шкалою MSK-64) для масового будівництва відносять частину Західної України (Закарпаття, Івано-Франківська, Чернівецька області, частини Львівської та Тернопільської областей), частину Південної України (Одеська область та АР Крим, частини Запорізької, Миколаївської та Херсонської областей), а також частини Вінницької, Хмельницької та Кіровоградської областей. Для найбільш відповідальних будівель та споруд сейсмонезбезпечними вважають

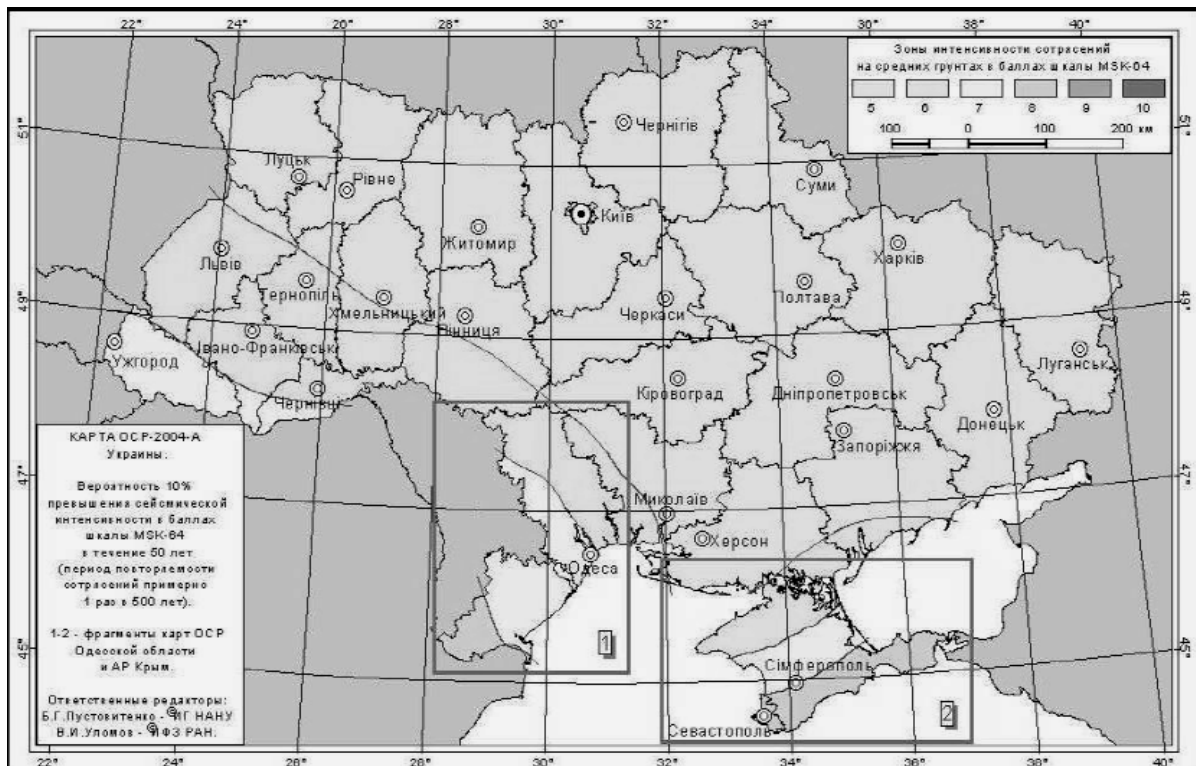


Рис. 1. Карта загального сейсмічного районування України ЗСР-2004-А

(за картами ЗСР-2004-В та ЗСР-2004-С з ДБН В.1.1-12:2006 [1]) майже всю Україну за винятком невеликих територій на північному сході.

Використання поняття "значні нерівномірні деформації" запропоновано у зв'язку з тим, що у реальній практиці (натурно) абсолютно рівномірні деформації основи ніколи не реалізуються. Адже ґрунти основи фактично ніколи не мають абсолютно однорідної будови, крім того, через явище розподільної здатності ґрунту спостерігається нерівномірна стисливість зі збільшенням жорсткості основи при наближенні до краю фундаменту через залучення в роботу ґрунтів навколо будівлі [2]. "Значущими" нерівномірні деформації можна вважати тоді, коли їх вплив на напружено-деформований стан будівлі стає відчутним у порівнянні з умовно рівномірною жорсткістю основи (наприклад, призводить до появи недопустимих пошкоджень та деформацій будівлі). Причини таких деформацій в цілому виділені у науковій, нормативній та іншій літературі. Наприклад, у діючому ДБН В.2.1-10-2009 [3] виділені складні та особливі умови будівництва, наведені у таблиці 1.

Ґрунти з особливими властивостями
Просідаючі
Набрякливі
Водонасичені
біогенні та мули
Елювіальні
Засолені
Насипні та намівні
Здимальні
Території з особливими умовами
Території із підземними виробками
Сейсмічні райони
Закарстовані території
Зсувонебезпечні території
Підтоплювані території
Особливі впливи, умови, навантаження
Зони динамічних впливів
Вирівнювання деформованих будівель і усунення кренів
Умови щільної забудови
Реконструкція (підсилення, поглиблення, зміни)

З наведених у табл. 1 складних умов всі в той чи інший спосіб можуть ставати чинниками утворення значних нерівномірних деформацій основи. Але серед найбільш небезпечних, характерних та розповсюджених в Україні (крім сейсмічних районів), можна виділити просідаючі, насипні та намівні ґрунти, території із підземними виробками, закарстовані, зсувонебезпечні та підтоплювані території, а також умови щільної забудови. Серед останніх можна виділити вплив котлованів та вертикальне довантаження основи, які здатні стати чинни-

ками значних нерівномірних деформацій для оточуючої забудови. Такі впливи на відміну від просідання, підробки та інших подібних навантажень за діючими нормами ДБН В.1.2-2:2006 [4] не відносять до особливих (епізодичних), хоча з точки зору впливу на існуючі будівлі вони є подібними.

Карта поширення основних екзогенних геологічних процесів, до яких відносяться значна частина наведених вище чинників значних нерівномірних деформацій основ, наведена на рис. 2 з ДБН В.1.1-24-2009 [5]. При порівнянні карт на рис. 1 та рис. 2 можна дійти висновку про присутність на сейсмонебезпечних територіях (6 різного ступеня) всіх розглянутих явищ.

Огляд літератури з питань будівництва та експлуатації сейсмостійких будівель показав, що, якщо й розглядають поєднання впливів на напружено-деформований стан (НДС) будівель сейсміки та можливих значних нерівномірних деформацій різної природи, то практично в усіх випадках з наукової точки зору розглядають випадок наявності просідаючих ґрунтів в основах. В цілому

Таблиця 1 Класифікація особливих умов будівництва згідно з ДБН В.2.1-10-2009 [3]

<i>Ґрунти з особливими властивостями</i>	<i>Просідаючі</i>
	<i>Набрякливі</i>
	<i>Водонасичені біогенні та мули</i>
	<i>Елювіальні</i>
	<i>Засолені</i>
	<i>Насипні та намівні</i>
	<i>Здимальні</i>
<i>Території з особливими умовами</i>	<i>Території із підземними виробками</i>
	<i>Сейсмічні райони</i>
	<i>Закарстовані території</i>
	<i>Зсувонебезпечні території</i>
	<i>Підтоплювані території</i>
<i>Особливі впливи, умови, навантаження</i>	<i>Зони динамічних впливів</i>
	<i>Вирівнювання деформованих будівель і усунення кренів</i>
	<i>Умови щільної забудови</i>
	<i>Реконструкція (підсилення, поглиблення, зміни)</i>

це відображається у діючих будівельних нормах. Наприклад, у другій частині ДБН В.1.1-5-2000 [6] викладені вимоги щодо проектування будівель в умовах поєднання сеймонебезпеки та просідаючих порід в основі, в той же час у першій частині даних норм для підроблюваних територій аналогічні вимоги відсутні повністю. В ДБН В.1.1-24-2009 [5] присутні вимоги щодо врахування сейсмонезбезпеки при забезпеченні стійкості зсувонебезпечних (та обвалонебезпечних) схилів ґрунтових масивів. В ДБН В.1.1-12:2006 [1] переважна більшість складних інженерно-геологічних умов, що призводять до значних нерівномірних деформацій будівель (крім просідаючих ґрунтів), відносять до "несприятливих у сейсмічному відношенні". Це, зокрема, стосується насипних ґрунтів, біогенних ґрунтів та намулів, зсувів, карсту, наявності гірничих виробок та крутості схилів більше 15°. Будівництво сейсмостійких будівель у таких умовах без достатнього обґрунтування не дозволяється.

Взагалі проблемами будівництва в умовах просідаючих порід сейсмонезбезпечних територій України займалися КиївЗНДІЕП, НДІБК та інші установи, за участю яких був розроблений відповідний розділ ДБН В.1.1-5-2000 [6], введених у дію в 2000 році. Останні дослідження на цю тему проводили у КиївЗНДІЕП у 2005-2008 роках [7]. Вони були присвячені розробленню та обґрунтуванню рекомендацій з конструктивного захисту житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонезбезпечних територій України. Необхідність нових досліджень була визначена незадовільним станом даних будівель, які при розвитку деформацій і пошкодженнях від нерівномірного просідання основи також втрачали й запроєктовану сейсмостійкість. Були проаналізовані існуючі та отримані нові наукові дані, на основі яких був запропонований можливий комплекс заходів з конструктивного та технологічного захисту досліджених будівель. Проведене дослідження показало складний характер НДС жорстких будівель при одночасній дії сейсмічного

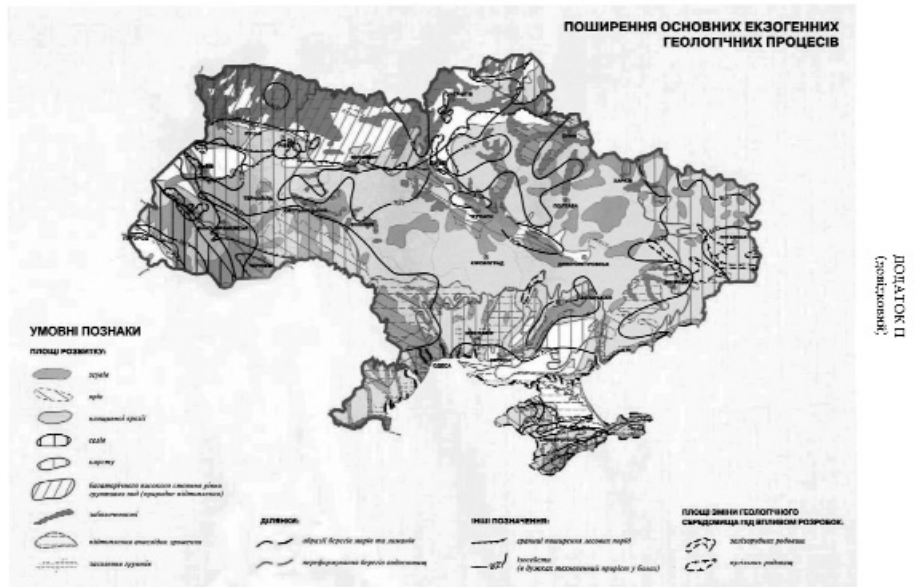


Рис. 2. Поширення основних екзогенних геологічних процесів

навантаження та нерівномірного просідання основи. Визначено, що спрощений підхід до їх розрахунку у варіантах урахування більшого значення зусиль від кожного впливу окремо або їх додавання у вигляді кореня квадратного з суми квадратів зусиль від кожного з впливів, як пропонується, наприклад, у роботі [8], є некоректним.

Аналізуючи наявні дані щодо НДС у складних умовах, необхідно виділити певні його особливості. Можна розрізнити два його основних варіанти (випадки), які взагалі були описані для будівель на просідаючих ґрунтах ще у дослідженні [8]:

- спочатку виникають нерівномірні деформації основи та з'являються відповідні зусилля, пружні та непружні деформації будівлі, які "консервуються" на довгий час навіть після завершення дії чинників, що призвели до цього (замокання, довантаження основи тощо), з різним ступенем перерозподілу та релаксації зусиль. А сейсмічні навантаження будівля вже сприймає саме у такому НДС, тобто складні впливи діють послідовно, при цьому основа на час землетрусу знаходиться у відносно стабілізованому стані (не відбувається суттєвого розвитку її нових деформацій та зниження її жорсткості);

- сейсмічні навантаження припадають на період активного розвитку нерівномірних деформацій і фактично складні впливи діють одночасно, при цьому розвиток деформацій та зниження жорсткості основи також впливають на динамічні характеристики будівлі (в першу чергу, періоди та

форми власних коливань).

Важливо відмітити, що в обох випадках відбувається суміщення зусиль від складних впливів (крім випадків, коли зусилля від деформацій основи в конструкціях практично не виникають через їх піддатливість).

Ймовірність другого, більш небезпечного варіанту є значно меншою, але в той же час суттєвою. Адже період дії активних нерівномірних деформацій та їх чинників також може бути достатньо розтягнутим у часі (до кількох місяців та навіть перевищувати 1 рік в залежності від виду складних умов [9]). Необхідно відмітити, що виділяють ще третій варіант суміщення складних впливів [8], в якому передбачають можливість активізації нерівномірних деформацій з різних причин після землетрусу. Але при цьому не відбувається безпосереднє суміщення зусиль від сейсміки та деформацій основи, хоча такий варіант треба брати до уваги при проектуванні нових або відновленні та підсиленні існуючих будівель.

В обох наведених основних випадках відбуваються відчутні зміни у жорсткісних та(або) геометричних параметрах конструкцій та основи будівлі, що впливає й на зусилля від сейсмічних навантажень. Характеристики даних змін залежать від конструктивних та інших особливостей будівлі. У дослідженні [10] показано суттєвий вплив урахування деформованої схеми будівлі при визначенні її НДС при дії сейсміки.

Враховуючи наведене вище, можна запропонувати ряд корекцій і змін у діючі нормативні документи.

Перша група пропонованих корекцій і змін стосується врахованих у розрахунках навантажень та їх сполучень. В першу чергу це стосується вимоги ДБН В.1.2-2:2006 [4] щодо можливості врахування в особливих (аварійних) сполученнях навантажень тільки одного епізодичного навантаження, до якого відносять сейсмічні та основні впливи, що призводять до значних нерівномірних деформацій основи (просідання, підробка, карст тощо). Враховуючи наведені міркування, на наш погляд, така вимога є дуже спірною. В підтвердження цього у ДБН В.1.1-5-2000 [6] викладені положення, які передбачають у певних випадках використання особливих сполучень навантажень з одночасною дією сейсміки та просідання основи або просідання та підробки основи, що суперечить вимогам ДБН В.1.2-2:2006 [4]. В даному випадку мо-

же бути запропоновано два варіанти вирішення проблеми: перший передбачає видалення всіх вимог щодо можливості врахування у особливих (аварійних) сполученнях навантажень тільки одного епізодичного навантаження, другий - виділення окремої групи навантажень "тимчасових особливих", в яку мають бути перенесені епізодичні, пов'язані з деформаціями основи, а також чинники значних нерівномірних деформацій існуючої забудови, пов'язані з новими будівельно-монтажними роботами поруч.

Друга група пропонованих корекцій і змін містить безпосередньо вимоги щодо способів розрахунків на сумісну дію особливих впливів, що розглядаються. Серед них можна виділити такі основні пропозиції:

- додати текст у п. 1.1.4 ДБН В.1.1-12:2006 [1] та п. 8.9 ДБН В.1.1-5-2000 [6]: "Для будівель і споруд з класом наслідків СС2 та СС3 необхідно враховувати можливість одночасної дії зусиль від просідань та сейсмічних впливів. При цьому необхідно передбачати два випадки. Перший враховує ймовірність збігу землетрусу та процесу просідання основи та передбачає врахування при визначенні зусиль від сейсміки нерівномірної стисливості (деформативності) основи від дії просідання. Другий враховує послідовне та розведене у часі виникнення просідання та землетрусу, коли зусилля від сейсміки визначають без врахування нерівномірної стисливості (деформативності) основи від її просідання. В обох випадках розрахунок на особливі сполучення навантажень передбачає додавання зусиль від сейсміки та просідання. При розрахунку споруди на сейсмічне навантаження також рекомендується враховувати найбільш імовірні та наявні (для існуючої споруди) деформовані схеми". Аналогічне формулювання про допущення визначення зусиль у конструкціях окремо на дії просідання і сейсміки тільки для будинків і споруд з класом наслідків СС1 необхідно передбачити у останньому пункті переліку в п. 4.16 ДБН В.1.1-5-2000 (ч. II) [6];

- додати текст у п. 1.1.6 ДБН В.1.1-12:2006 [1]: "У випадку необхідності, розрахунок на особливі сполучення навантажень будівель і споруд на ділянках зі складними та особливими умовами експлуатації, що призводять до значних нерівномірних деформацій основи і споруди (карст, підробка, вплив котлованів тощо), рекомендується проводити з урахуванням можливості дії зусиль від нерівномірних

осідань та сейсмічних впливів аналогічно, як для просідаючих основ (див. п. 1.1.4);

- передостанній абзац п. 2.1.1 ДБН В.1.1-12:2006 [1] викласти так: "При цьому в особливе сполучення навантажень входять постійні, можливі довготривалі та короточасні навантаження, сейсмічні дії, а також дії, що обумовлені значними деформаціями основи при замочуванні просідаючих ґрунтів, підробці та через наявність інших складних і особливих умов";

- пропонується відмінити положення в п. 8.9 ДБН В.1.1-5-2000 (ч. II) [6]: "Коефіцієнт K_1 , що враховує допустимі пошкодження будинків і споруд згідно зі СНіП 11-7, слід приймати 1".

На основі наведеного вище можна зробити загальні висновки.

Різноманітність складних і особливих інженерно-геологічних умов України призводить до перетинання територій їх розвитку. Зокрема це стосується суміщення сейсмонебезпеки та умов, що можуть призвести до значних нерівномірних деформацій основи. Питання будівництва при такому суміщенні впливів досліджені (або впроваджені) недостатньо. Наслідками є незадовільний стан із втратою запроектованої сейсмостійкості значної кількості існуючих будівель та низка спірних положень і недоліків у діючих нормах. В той же час наявні в даний момент наукові дані вже дозволяють їх скоригувати з метою врахування особливостей потенційної суміщеної дії сейсміки та чинників значних нерівномірних деформацій основи, що відображені у вигляді ряду основних пропозицій у даній статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП II-7-81*; Чинні від 2007-01-02]. — К.: Укрархбудінформ: Мінбуд України, 2006. — 82 с.
2. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. — [3-е изд., перераб. и доп.]. — М.: Стройиздат, 1984. — 679 с.
3. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. — [На заміну СНіП 2.02.01-83; Чинні від 01.07.09]. — К.: Укрархбудінформ: Мінрегіонбуд України, 2009. — 104 с.
4. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП 2.01.07-85*; Чинні

від 2007-01-01]. — К.: Укрархбудінформ: Мінбуд України, 2006. — 75 с.

5. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування: ДБН В.1.1-24-2009. — [На заміну СНіП 2.01.15-90; Чинні від 01.01.2011]. — К.: Укрархбудінформ: Мінрегіонбуд України, 2010. — 108 с.

6. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах: ДБН В.1.1-5-2000. — Офіц. вид. — [На заміну СНіП 2.01.09-91; Чинні від 2000-07-01] — К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. — 87 с.

7. Хохлін Д. О. Конструктивний захист житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонебезпечних територій : дис. ...канд. техн. наук : 05.23.01 / Хохлін Денис Олексійович. — К., 2009. — 204 с.

8. Метелюк Н.С. Совершенствование расчета сооружений, возводимых в сложных грунтовых условиях / Метелюк Н.С. — К.: Будівельник, 1980. — 144 с.

9. Банах А.В. Влияние динамических воздействий на прочность железобетонных конструкций зданий, эксплуатируемых в сложных инженерно-геологических условиях / А.В. Банах // Будівельні конструкції. — К.: НДІБК, 2011. — Вип. 74. — С. 424-432.

АННОТАЦИЯ,

В статье рассмотрены вопросы возможного совмещения сейсмических воздействий и значительных неравномерных деформаций основания различного происхождения на территории Украины, особенности напряженно-деформированного состояния зданий при таком совмещении, а также проблемы и предложения относительно нормативных требований, касающихся его учета.

Ключевые слова: неравномерные деформации, сейсмика, совмещение воздействий, напряженно-деформированное состояние, строительные нормы.

ANNOTATION.

The article deals with issues of a possible combination of seismic effects and substantial non-uniform deformation of the base of different origin in the territory of Ukraine, features of the stress-strain state of the buildings in such a combination, as well as the problems and proposals for regulatory requirements with regard to their records.

Keywords: non-uniform, deformation, seismics, combination, influences, the stress-strain, state, rules.