ISSN 1996-8159

ПБС

3'2018

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ



ЗАСНОВНИКИ

ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ
«УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»

ТОВ «УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ
ім. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17750-6600 ПР від 07.04.2011 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Беркута А.В., к.е.н.
Гайдайчук В.В., д.т.н., проф.
Голоднов О.І., д.т.н., проф.
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.
Гордеєв В.М., д.т.н., проф.
Гуляєв В.І., д.т.н., проф.
Єгоров Є.А., д.т.н., проф.
Кваша В.Г., д.т.н., проф.
Корольов В.П., д.т.н., проф.
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.
Лобанов Л.М., академік НАНУ, д.т.н., проф.
Оглобля О.І., д.т.н., проф.
Пасечнюк В.Л.
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.
Стоянов В.В., д.т.н., проф.
Шимановський О.В., член-кор. НАНУ, д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА
на 2017 — 2018 роки

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агощ З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Бєлоєв М., к.т.н. (Болгарія)
Вєдяков І.І., д.т.н., проф. (Росія)
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Зюлко Є., д.т.н., проф. (Польща)
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)
Кульбах В., академік НАНЕ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулєбаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ПБС

3'2018

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ

О.В. Шимановський, С.В. Колесніченко
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ТА СКЛАДУ ОБСТЕЖЕННЯ З МЕТОЮ РОЗРАХУНКУ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ 2

А.С. Осипов
МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ «МАССИВ–ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА–КРЕПЬ» («М-ТС-К») ДЛЯ УСЛОВИЙ ФЛИШЕВОГО СЛОЖЕНИЯ ПОРОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕСКИДСКОГО ТОННЕЛЯ 7

Ю.А. Отрош
ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ. 17

ПІДЗЕМНІ КОМУНІКАЦІЇ

Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова
ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДІЮЧИХ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ 24

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Моради Пур Омид
ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ С РАЗМЕЩЕННЫМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ 29

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Л.М. Спасьонова, І.С. Суббота, Т.І. Булка, О.К. Нагорна
ЛЕГКОПЛАВКІ ПОЛІМІНЕРАЛЬНІ ГЛИНИ КИЇВЩИНИ – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЧЕРЕПИЦІ 34

І.І. Ніконець, І.М. Мартинюк, Є.М. Шматов, О.М. Стадійчук
ІНФРАЧЕРВОНА СПЕКТРОСКОПІЯ НЕГІДРАТОВАНИХ ТА ГІДРАТОВАНИХ ОДИН РІК C_2S і C_3S ТА ТРЬОХ ВИДІВ ЦЕМЕНТІВ 38

АРХІТЕКТУРА АЕРОПОРТІВ

Касим Мухаммед Басим
ИСТОРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ АЭРОВОКЗАЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ 43

Згідно з наказом МОН України від 13.03.2017 р. № 374 журнал включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук

Київ • 2018

© Промислове будівництво та інженерні споруди, 2018

УДК 624.074.04

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ТА СКЛАДУ ОБСТЕЖЕННЯ З МЕТОЮ РОЗРАХУНКУ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

Розглянуто задачі з обстеження будівель та споруд. Запропоновано визначення термінів «обстеження» та «огляд». З позиції подальшої експлуатації об'єкта систематизовано склад робіт з обстеження та надано рекомендації з розрахунку залишкового ресурсу.

The tasks of investigation for buildings and structures has defined. Definitions of terms «investigation» and «inspection» are proposed. From future object's operation the investigations works have systematized, and residual life assessment methods have recommended.

Ключові слова: обстеження, залишковий ресурс.



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



С.В. Колесніченко
проректор з наукової роботи
і міжнародних зв'язків
Донбаської національної академії
будівництва і архітектури,
к.т.н., доцент

Після виходу Постанови КМУ № 409 від 5 травня 1997 р. «Щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж» [1] в Україні розпочалась активна робота з обстеження існуючого парку будівель і споруд. Були розроблені та впроваджені відповідні нормативні документи: «Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений», що потім були затверджені як НПАОП 45.2-1.01-98 «Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд» та «Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд».

Слід зазначити, що з метою більш швидкого реагування щодо необхідності ремонту сталевих конструкцій, особливо тих, що працюють в умовах агресивного середовища та динамічних навантажень, або реконструкції будівлі в цілому було розроблено ДБН 362-92 «Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації», який втратив чинність з 01.01.2017 р. З 2017 року діють оновлені нормативні документи [2, 3] та «Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва», затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 257 [4].

Наразі для виконання робіт з обстеження залучено значну кількість спеціалізованих та проектних організацій, окремих експертів. Враховуючи, що для будівель та споруд, що експлуатуються, процедура обстеження є обов'язковою [5], якщо потрібна подальша реконструкція, капітальний ремонт або технічне переоснащення, обстеження як окремий вид робіт у будівництві набуває надзвичайно великого значення. Проблемі обстеження присвячена велика кількість публікацій [6, 7, 8], у т.ч. авторів цієї статті [9, 10, 11, 12], але переважно вони стосуються або безпосередньо визначення актуальності обстеження як такого, або проблем обстеження окремих об'єктів.

По суті, виходячи з визначення обстеження [3, 4], за основні його результати приймають наступне:

- фіксація існуючих дефектів та пошкоджень, інструментальне визначення їх параметрів;
- перевірний розрахунок;
- аналіз причин виникнення дефектів та пошкоджень;
- рекомендації з відновлення конструкцій;
- оцінка технічного стану.

На наш погляд, задачі обстеження повинні бути значно ширшими. Власника будівлі (споруди), крім складу відновлювальних робіт, перш за все турбує подальший термін експлуатації об'єкта – залишковий ресурс, для визначення доцільності вкладання коштів на його утримання. Але у відповідності з нормами [2, 3, 4] у технічному звіті зазначається тільки термін до наступного обстеження. Тому, в цій роботі ми ставимо за мету упорядкування самої процедури обстеження з позиції визначення залишкового ресурсу подальшої експлуатації будівельного об'єкта.

Для початку визначимо основні терміни. Що стосується терміна «залишковий ресурс», то згідно з ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» він трактується як «сумарний наробіток об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу у граничний стан».

Щодо терміна «обстеження» у відповідності з [3] «обстеження технічного стану – комплекс заходів з визначення і оцінювання фактичних значень параметрів, що контролюються, які характеризують експлуатаційний стан, придатність і роботоздатність сталевих конструкцій, що обстежуються, а також можливість їх подальшої експлуатації або доцільність ремонту чи підсилення».

Але обстежити можна саму будівлю (споруду), а не її стан, який потрібно оцінювати шляхом розрахунків. До речі, далі [3, п. 3.5] є і термін «оцінка технічного стану», який трактується як «встановлення ступеня ушкодження сталевої конструкції чи будівельного об'єкта і категорій їх технічного стану на основі порівняння фактичних значень кількісно визначених ознак зі значеннями цих же ознак, які встановлені проектом або нормативним документом». Таке визначення не пояснює, наскільки можлива подальша експлуатація об'єкта (у роках) і як вона пов'язана із фактичним технічним станом.

У цьому ж документі приводиться визначення таких понять, як «обстеження попереднє», «обстеження основне (детальне)», «обстеження вибіркове», «обстеження спеціальне», «обстеження планове», «обстеження позачергове», що мають за остаточну мету «розроблення рекомендацій щодо подальшої експлуатації об'єкта, проведення наступного обстеження, конструктивних рішень щодо відновлення та підсилення окремих будівельних конструкцій…» [4, п. 11], але без чіткого визначення того, яким чином буде забезпечена «надійність та безпека під час експлуатації об'єктів протягом усього періоду їх існування» [4, п. 1].

Перш за все, виходячи з утримання будівлі як такої, так і з необхідності проведення відновлювальних робіт, проаналізуємо хто і як здійснює ці заходи.

Що стосується утримання будівлі (споруди), то її виконує персонал, який задіяно у технологічному процесі, що існує в будівлі. У відповідності з галузевими правилами утримання (наприклад, [13, 14]) відповідальною особою є або начальник цеху, або його заступник. Функціями персоналу є сезонний огляд конструкцій та фіксація виявлених пошкоджень. Тобто, утриманням об'єкта, як правило, займаються люди, які не є фахівцями у будівельній галузі. Вони не використовують інструментальних та спеціальних засобів, виконують лише огляд будівлі (що дуже близько за змістом до «обстеження попереднього» [2]). Крім того, вони не можуть скласти кваліфіковану оцінку загальної небезпеки. В цілому, задачею огляду є формування переліку робіт поточного ремонту.

Під оглядом будівлі (споруди) будемо в подальшому вважати наступне: «огляд – вид робіт з утримання будівлі або робіт у складі обстеження, при якому в якості основного методу визначення показників експлуатаційної придатності виконують загальну фіксацію наявних пошкоджень (утримання та етап обстеження), виконують аналіз технічної документації (етап обстеження). Результатом робіт з огляду має бути відомість дефектів та пошкоджень з їх якісними та кількісними характеристиками для визначення необхідності та складу поточних ремонтів та необхідності залучення експертів для виконання обстеження, при роботах з обстеження – попередня оцінка технічного стану об'єкта для формування подальшого плану робіт та визначення їх складності та вартості».

Обстеження виконується після завершення гарантійного ресурсу планово або позапланово у разі можливого капітального ремонту, реконструкції, технічного переоснащення або аварійної ситуації. У будь-якому разі, термін експлуатації, що повинен бути визначений після обстеження, є залишковим ресурсом [15, п. 2.1]. Тоді, якщо за ціль обстеження вважати не тільки оцінку технічного стану будівлі (споруди), а і терміни її подальшої роботоздатності – залишковий ресурс, то пропонується наступне визначення «обстеження».

Обстеження – це самостійний комплексний вид будівельних робіт, що виконується спеціалістами під керівництвом відповідних експертів, для оцінки параметрів технічного стану (ПТС) окремих конструкцій та будівлі/споруди в цілому, розрахунків залишкового ресурсу з відповідним рівнем ризику подальшої експлуатації. На підставі робіт з обстеження визначається необхідність та склад відновлювальних

робіт (поточний ремонт, капітальний ремонт, роботи у складі реконструкції або технічного переоснащення), розробляються пропозиції щодо складу та технічних рішень відновлювальних робіт для подальшої їх реалізації у спеціальних проектах.

Термін «оцінка технічного стану» прийнятий згідно з [3].

Склад робіт з обстеження за етапами:

1. Огляд об'єкта, підготовчі роботи. Підписання договору із власником для виконання обстеження. Узгодження програми, обсягів робіт. Складання технічного завдання. Детально склад робіт приведено у [11].
2. Ознайомлення з наявною технічною документацією.
3. Ознайомлення з наявними інженерними вишукуваннями.
4. Натурний огляд.
   4.1 Обміри конструкцій. Розроблення всіх необхідних обмірних креслень, які в подальшому є базою для розробки відповідних проектних рішень;
   4.2 Ознайомлення з технологічним процесом. Аналіз його впливу на стан конструкцій;
   4.3 Визначення схем та стану інженерних мереж. Аналіз їх впливу на стан конструкцій;
   4.4 Аналіз організації роботи з утримання будівлі, споруди. Аналіз наявних організаційних документів;
   4.5 Визначення дефектів та пошкоджень – ДП (термінологія – за [2]). Аналіз їх розвитку на підставі робіт із утримання або попереднього обстеження (за наявності).
5. Визначення навантажень та впливів, у т.ч. їх змінення згідно з новими нормативними документами.
6. Визначення фізико-механічних властивостей матеріалів.
7. Уточнення розрахункових схем. Розрахунки конструкцій за групами граничних станів для визначення несучої здатності.
8. Виконання натурного тестування конструкцій (за необхідності).
9. Оцінка технічного стану об'єкта. Стан визначається тільки на підставі розрахунків конструкцій.
10. Визначення необхідності та складу відновлювальних робіт (поточний ремонт, капітальний ремонт, роботи у складі реконструкції або технічного переоснащення).
11. Надання пропозицій щодо складу та технічних рішень відновлювальних робіт для подальшої їх реалізації у спеціальних проектах.
12. Розроблення рекомендацій щодо заходів організаційної безпеки*.
13. Розроблення рекомендацій щодо подальшого моніторингу технічного стану об'єкта.
14. Розрахунок показників рівня технологічної безпеки та загального рівня безпеки (до виконання робіт з обстеження та після відновлювальних робіт)*.
15. Розроблення прогнозних моделей подальшої експлуатації об'єкта на підставі визначення розвитку процесів деградації ПТС та розрахунок його залишкового ресурсу (ЗР) з урахуванням можливого ризику.
16. Призначення терміну наступного планового обстеження. Розроблення рекомендацій щодо утримання та подальших планових оглядів.
17. Складання (або внесення змін до існуючого) технічного паспорта об'єкта (за необхідності).

Після обстеження складається «Технічний звіт за результатами обстеження та визначення технічного стану будівлі (споруди)». Всі роботи за вищезазначеними пунктами (також згідно з додатком А [2]) повністю відображаються у цьому технічному звіті у вигляді креслень та розрахунків. Технічний стан об'єкта підписується усіма виконавцями робіт під керівництвом сертифікованого експерта.

Перелік та обсяги робіт із відновлення конструкцій є обов'язковими для розроблення проектів ремонтів, реконструкції або технічного переоснащення об'єкта.

Визначення залишкового ресурсу (ЗР) здійснюється в залежності від даних, що отримані під час обстеження. Наразі можна надати наступну класифікацію методів визначення:

1. **Детерміновані методи**. Прості у використанні. ЗР визначається на підставі наявних емпіричних залежностей за терміном експлуатації об'єктів-аналогів; за терміном до капітального ремонту, технічного переоснащення або реконструкції та за терміном зменшення окремих ПТС.

* Розрахунки показників безпеки є окремою задачею, що не розглядається у даній роботі.

2. **Змішані або напівімовірнісні методи.** Імовірнісний розподіл ПТС надано середніми значеннями та стандартними відхиленнями. Прийнято узагальнені розподіли ПТС. Сюди можна віднести визначення ЗР за узагальненим фізичним зношенням.
3. **Імовірнісні методи.** Характеризуються найвищою точністю. Враховують точні дані щодо розподілу ПТС.

Детерміновані методи. Визначення ЗР за терміном експлуатації об'єктів-аналогів здійснюється дуже просто за наявності статистики щодо експлуатації однакових або дуже схожих об'єктів. Якщо існує така інформація, то за даними обстежень та з урахуванням швидкості зношення можливе призначення ЗР як для окремої конструкції, так і для будівлі (споруди) в цілому.

Для визначення ЗР за терміном до капітального ремонту, технічного переоснащення або реконструкції можливо використання як наведених узагальнених даних, так і даних підприємства щодо здійснення політики оновлення фондів та виконання технічного переоснащення. Якщо відомий термін експлуатації об'єкта до обстеження, наявні результати обстеження, не існує екстраординарних результатів щодо скорочення терміну можливе призначення ЗР як різниці між терміном капітального ремонту (переоснащення) та терміном експлуатації до обстеження.

Для визначення ЗР за терміном зменшення окремих ПТС всі необхідні ПТС мають бути у наявності після виконання робіт з обстеження, розрахунків та оцінки технічного стану. Для прикладу візьмемо найбільш поширені пошкодження – корозію та цикли навантаження.

Якщо елемент перебуває під впливом рівномірних корозійних пошкоджень, то:

$A_п$ – проектна площа (може розглядатися інший параметр – момент опору, момент інерції, товщина тощо) перерізу елемента, мм^2; A_o – площа перерізу під час обстеження, мм^2; A_{min} – мінімально можлива площа перерізу, мм^2;

$$\alpha = \frac{A_п - A_o}{t_o}, \quad (1)$$

де α – швидкість рівномірної корозії, мм^2/рік.

Тоді залишковий ресурс T, роки

$$T = \frac{A_o - A_{min}}{\alpha}. \quad (2)$$

Враховуючи, що узагальненим параметром є напруження, більш правильно буде оцінювати ЗР у одиницях напружень, які розраховуються для визначення технічного стану. Тоді:

$\sigma_п$ – напруження в елементі із проектними параметрами, МПа; σ_o – напруження в елементі, МПа; R_y – розрахунковий опір сталі, МПа; t_o – термін від здачі в експлуатацію до обстеження, роки;

$$\alpha = \frac{\sigma_п - \sigma_o}{t_o}. \quad (3)$$

Тоді $$T = \frac{\sigma_o - R_y}{\alpha}. \quad (4)$$

Для розрахунку ЗР за циклами навантажень приймаємо:

N_o – кількість циклів навантажень від початку введення об'єкта до експлуатації, що було визначено під час обстеження; N_{max} – максимальна розрахункова проектна кількість циклів навантажень, у загальному вигляді становить $2 \cdot 10^6$ циклів; t_o – кількість років від дати експлуатації об'єкта до дати обстеження, роки.

Тоді залишковий ресурс T, роки, буде таким, що дорівнює:

$$T = \frac{N_{max} - N_o}{\beta}; \quad (5)$$

$$\beta = \frac{N_o}{t_o}, \quad (6)$$

де β – кількість циклів навантажень на рік.

Однак, потрібно брати до уваги, що цей термін визначено без урахування можливої зміни режимів роботи та циклів навантажень.

Змішані або напівімовірнісні методи. Визначення ЗР за узагальненим фізичним зносом. У методі використовуються як дискретні значення окремих ДП, що виявлено під час обстеження, так і розрахунок ЗР за експоненціальним законом розподілу, який прийнятий для механічних систем зі зношенням.

Загальна оцінка пошкодження визначається за формулою (7)

$$E_1 = \frac{\alpha_1\varepsilon_1 + \alpha_2\varepsilon_2 + \ldots + \alpha_n\varepsilon_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n}, \quad (7)$$

де $\varepsilon_1 \ldots \varepsilon_n$ – значення виявленого ДП у відсотках по відношенню до максимально припустимого значення згідно з нормами [13]. Якщо значення сягає 100 %, ДП виключається з формули, тому що він стає аварійним і потребує негайного усунення під час ремонтних робіт;

$\alpha_1 \ldots \alpha_n$ – кількість ДП із відповідним значенням $\varepsilon_1 \ldots \varepsilon_n$.

Визначається загальне пошкодження конструкції, будівлі, споруди у %:

$$E = E_1/100. \quad (8)$$

Відносна оцінка цілісності конструкції визначається як $y = 1 - E$. (9)

Імовірність відмови за експоненціальним розподілом має такий вид:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (10)$$

а імовірність безвідмовної роботи – оцінка цілісності конструкції – складає:

$$\gamma = R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}; \text{ остаточно } \gamma = e^{-\lambda t}. \quad (11)$$

Тоді постійна зношення визначається за формулою

$$\lambda = (-\ln\gamma)/t, \quad (12)$$

де t – термін експлуатації об'єкта – час від моменту здачі в експлуатацію (капітального ремонту, реконструкції, технічного переоснащення, обстеження) до часу обстеження, коли було визначено існуючі ПТС.

Повертаючись до формули (10), можна визначити залишковий ресурс T за формулою

$$T = (-\ln Y)/\lambda. \quad (13)$$

По-перше, потрібно усвідомити що Y у цій формулі є імовірністю безвідмовної роботи R. Тоді, ця величина має призначатись не постійним числом, а числом, яке залежить від рівня відносної оцінки цілісності конструкції за формулою 9 та постійної зношення. Величина Y повинна призначатися в інтервалі $1 < Y < \gamma$.

Зрозуміло, що чим ближче до 1 буде Y, тим менше буде T, чим ближче буде до γ, тим ближче до t – вже відпрацьованого терміну експлуатації об'єкта.

При призначенні Y необхідно враховувати можливі ризики експлуатації та стан загального рівня технологічної безпеки підприємства.

Метод можливо використовувати під час першого обстеження – для створення попередніх теоретичних залежностей (наявна первинна інформація) деградаційних моделей визначених ДП.

Що стосується імовірнісних методів, то їх використання потребує окремої публікації та, враховуючи значну кількість складних розрахунків, реальне їх використання може бути запропоновано тільки як теоретичне для попереднього розрахунку прогнозних моделей, які можуть бути розроблені після виконання першого обстеження з урахуванням даних об'єктів-аналогів.

Висновки.

Запропоновано нове визначення понять «обстеження» та «огляд».

З позиції визначення оцінки технічного стану об'єкта систематизовано склад робіт під час виконання обстеження.

Приведені пропозиції щодо розрахунків залишкового ресурсу на підставі результатів, отриманих під час обстеження.

[1] Постанова КМУ № 409 від 5 травня 1997 р. «Щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж».

[2] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ. ДП «УкрНДЦ», – 2017 р. – 44 с.

[3] ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. – Київ: 2016. – 80 с.

[4] Постанова КМУ № 257 від 12 квітня 2017 р. «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва».

[5] ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво.

[6] *Перельмутер А.В.* Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні./ *А.В. Перельмутер, В.М. Гордеєв, Є.В. Горохов та ін.* – К.: УІНСіЗР, 2002. – 92 с.

[7] Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of the Remaining Fatigue Life. *B. Kühn, M. Lukic', A. Nussbaumer, H.-P. Günther, R. Helmerich, S. Herion, M.H. Kolstein, S. Walbridge, B. Androic, O. Dijkstra, Ö. Bucak.* EUR 23252 EN – Joint Research Centre. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2007 – 89 pp.

[8] *Єгоров Є.А.* Технічне діагностування і підсилення стальних резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів / Дис. на здобуття ступ. д-р техн.наук,1998 р.

[9] *Шимановский А.В.* Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений./ *Шимановский А.В., Гордеев В.Н., Королев В.П., Оглобля А.И., Рухович И.Р., Филатов Ю.В.* – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 463 с.

[10] *Шимановський О.В.* Аналіз технічного стану та проблем експлуатації будівельних металевих конструкцій в Україні./ *О.В. Шимановський, В.М. Гордеєв, М.О. Микитаренко* та ін. // Будівельні конструкції. – 2001. – № 3 – С. 18–24.

[11] *Шимановский А.В.* Подготовка и проведение обследований металлических конструкций // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського – Вип. 17, 2016. – С. 4–14.

[12] *Шимановский А.В., Колесниченко С.В.* Предупреждение аварийных ситуаций в условиях исчерпания ресурса металлических конструкций // Збірник наукових праць Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського – Вип. 5, К.: Вид-во «Сталь», 2010. – С. 140–150.

[13] Правила технической эксплуатации производственных зданий и сооружений предприятий горно-металлургического комплекса Украины. – Днепропетровск, 2003. – 92 с.

[14] Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий/Гипрококс, УХИН, Укркокс./Утверждены Министерством промышленной политики Украины 5 июля 2002 г., № 305, г. Харьков, 2001 г. – 309 с.

[15] ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 92 с.

Надійшла 05.03.2018 р.

УДК 624.191.22

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ «МАССИВ–ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА–КРЕПЬ» («М-ТС-К») ДЛЯ УСЛОВИЙ ФЛИШЕВОГО СЛОЖЕНИЯ ПОРОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕСКИДСКОГО ТОННЕЛЯ

В статье описываются исследования механики подземных сооружений и геомеханики на объекте Бескидского тоннеля в Карпатах. Подводится итог всей проделанной научной работы, выполненной при проектировании и строительстве тоннеля. На протяжении четырех лет с начала проходки тоннеля объектом исследования был флишевый породный массив зоны строительства, а также взаимодействие этого массива с конструкцией новых и существующих инженерных сооружений (с крепью выработок) с учетом всех технологических этапов строительства. В статье представлены основные моменты методологии расчета системы «М-ТС-К».

The article describes the research of the mechanics of underground structures and geomechanics on the Beskid Tunnel object in the Carpathians. The result of all the scientific work done during the design and construction of the tunnel is summarized. For four years from the beginning of tunnel penetration, the object of investigation was the flysch rock massif of the construction zone, as well as the interaction of this massif with the construction of new and existing engineering structures taking into account all the technological stages of construction. The article presents the main points of the methodology for calculating the «M-TC-K» system.

Ключевые слова: Бескидский тоннель, технология строительства, геология Карпат, флишевая толща, анизотропный геомассив, напряженно-деформированное состояния (НДС) обделки тоннеля и геомассива, математическое моделирование, Plaxis 3D.

Обоснование методологии расчета. В статье предложена методология расчета конструкции крепи горных тоннелей на основе единой системы «массив–технология строительства–крепь» и моделирование с учетом временного фактора (последовательность строительства выработки, раскрытия сечения выработки и т.д.).

Условия строительства подземных выработок характеризуются множеством взаимосвязанных природных и техногенных факторов. При проектировании и строительстве вмещающий массив, технология строительства и крепь должны рассматриваться как элементы природно-технической геосистемы.

Натурные исследования свидетельствуют о существенном влиянии технологии строительства (последовательность проходки, очередность раскрытия сечения, продвижение забоя и т.д.) на величину и характер распределения усилий в крепи подземных выработок.

Существующие методы расчета крепи выработок согласно нормативной документации, как правило, основаны на схеме заданных нагрузок, не учитывают основные этапы технологии строительства, а также другие условия и факторы, оказывающие значительное влияние на развитие геомеханических процессов и напряженного состояния и, в связи с этим, не в полной мере отражают особенности их работы.



А.С. Осипов
инженер ПИ «Укрспецтоннельпроект»,
аспирант кафедры геоинженерии
Национального технического
университета Украины
«Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского»

Расчет сложных конструкций крепи в виде стержневой системы на основе строительной механики требует использования значительных допущений, что является серьезной проблемой, особенно при разработке принципиально новых конструкций и технологических решений ввиду невозможности достоверной оценки величины влияния вносимых изменений в существующую расчетную схему. Для разработки расчетной схемы при таком подходе проектирование выполняется с большим запасом прочности.

Пример расчета обделки Бескидского тоннеля на заданные нагрузки, определенные согласно действующим нормативным документам [9], приведен на рис. 1.

Применяемые в настоящее время подходы к расчету и проектированию крепи подземных выработок не позволяют получить полную картину формирования ее напряженно-деформированного состояния (НДС) в процессе строительства и эксплуатации.

© Осипов А.С.

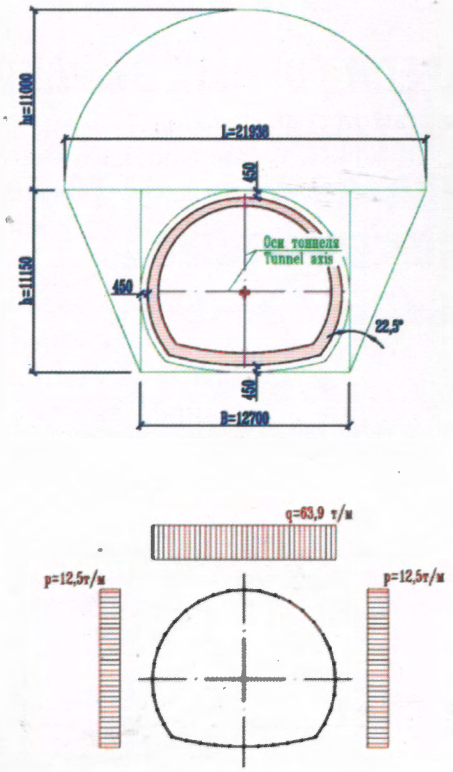


Рис. 1. Расчет обделки Бескидского тоннеля на заданные нагрузки по СНиП II-44-78. Сбор нагрузок

Современная стратегия развития подземного строительства ориентирует на решение крупных научных и технических проблем:

- геомеханическое обоснование проектирования и строительства;
- разработка и внедрение методов подготовки и способов воздействия на геомассив с целью изменения их физико-механических свойств;
- совершенствование и внедрение передовых методов строительства (высокие технологии);
- обоснование и разработка технических и технологических решений гибких управляемых технологических процессов;
- концепции мониторинга строительства и эксплуатации подземных сооружений на основе исследования процессов, предшествующих моменту перехода в аварийное состояние;
- методы выявления и оценки рисков, остаточных ресурсов и долговечности подземных объектов.

Важнейшими направлениями стратегии развития подземного строительства являются исследования: геомеханических процессов в системе «массив–технология строительства–крепь» («М-ТС-К»); свойств вмещающего массива; оценки устойчивости выработок; выбора рациональных конструкций крепи; методологии мониторинга для контроля состояния крепи на всех этапах его строительства и эксплуатации.

Исходя из современных позиций геомеханики и геотехнологии массив, технология строительства и крепь подземной выработки должны рассматриваться как *подсистемы единой геосистемы* (рис. 2). Система «массив–технология строительства–крепь» отображает взаимодействие факторов и их сочетаний, влияющих на эффективность строительства и эксплуатацию подземной выработки.

Решение сложных инженерных задач возможно в программном комплексе, основанном на методе конечного элемента (МКЭ), отвечающем современным требованиям моделирования на основе единой системы «М-ТС-К».

Решение той или иной задачи с использованием МКЭ является по сути машинным экспериментом. Как и эксперимент, это решение, в отличие от аналитического, не обладает общностью и справедливо (при соответствующей точности) лишь для конкретной данной конструкции и данного конкретного массива. Поэтому МКЭ применяется обычно для расчета сложных и ответственных конструкций с детальным учетом конкретных условий работы. Для получения высокой точности метод требует больших затрат труда, современного компьютерного расчетного комплекса и высокого класса ЭВМ.

С помощью МКЭ можно рассматривать сложную реальную геометрию, изотропные и анизотропные материалы с линейными, нелинейными и вязкими свойствами, смешанные

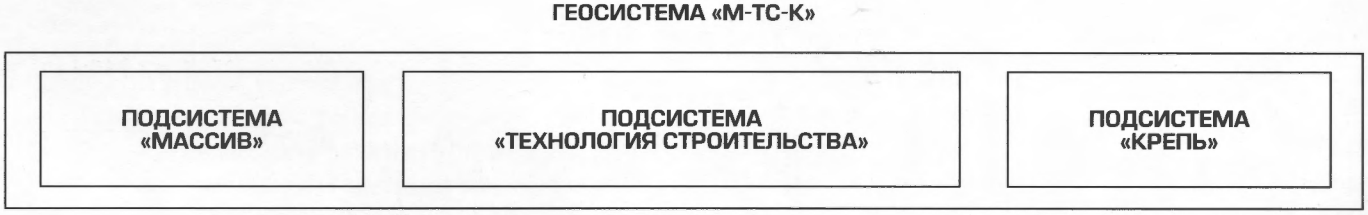


Рис. 2. Наглядное представление работы геосистемы «М-ТС-К»

граничные условия и технологическую последовательность выполнения операций при строительных процессах.

Расчетно-теоретические исследования НДС геосистемы «М-ТС-К». Рассмотрим пример численного моделирования закономерности влияния приближения забоя горной выработки (эвакуационной сбойки) к эксплуатируемому тоннелю на напряженно-деформированное состояние геосистемы «М-ТС-К» в условиях флишевого сложения пород. Это позволило установить и назначить технические решения, обеспечивающие надежность и безопасность эксплуатации тоннеля.

Таким образом, объектом исследования в данной статье являются:

- действующий (эксплуатируемый) однопутный железнодорожный тоннель, построенный в 1886 году. За результатами анализа обследования технического состояния он признан аварийным;
- новый построенный двухпутный железнодорожный тоннель;
- эвакуационная сбойка между этими тоннелями (3 шт).

Структура геомассива состоит из флишевой толщи, т.е. с постоянно меняющимися (каждые 2–20 м) напластованиями песчаников и аргиллитов с непредсказуемыми углами падения и формами залегания (антиклинальная или синклинальная складчатая дислокация). Моноклинальная форма залегания отсутствует. Также геомассив характеризовался неупорядоченной (хаотичной) трещиноватостью и явной анизотропностью.

На основании комплексного анализа и обработки материалов инженерно-геологических изысканий, выполненных в процессе кернового бурения горизонтальных опережающих скважин в лоб забоя при проходке нового Бескидского тоннеля, была разработана новая классификация флишевого породного массива и создана натурная геологическая модель № 3 [1]. Трасса тоннеля от Восточного до Западного портала была геометрически разделена на «секции», каждая из которых состоит из различных геотехнических пластов (рис. 3, 4). Выполнена классификация этих «секций» [1]. Для каждой «секции» тоннеля согласно «выходу керна» и его свойств были получены необходимые параметры, а именно:

- индекс качества выработки по Q-системе (Q-рейтинг горных пород), разработанный норвежским геотехничеким институтом (Barton et al., 1974);
- индекс качества выработки по RMR-системе (Rock Mass Rating горных пород) (Bieniawski, 1973);
- геологический индекс прочности GSI (Hoek, 1999);
- эмпирический параметр ненарушенной породы m_i, который определяет степень взаимного зацепления минеральных частиц;
- модуль деформации *породного образца* пластов «секции» E_o (лабораторным путем);
- модуль деформации *анизотропного геомассива* $E_м$ (эмпирическим путем);
- модуль деформации в направлении, параллельном и перпендикулярном напластованию флишевых слоев $E_{\text{П}}$ и $E_{\perp}$ (эмпирическим путем);
- предел прочности на одноосное сжатие *породного образца* пластов «секции» σ_{ci} (лабораторным путем);
- предел прочности на одноосное сжатие и растяжение *анизотропного геомассива* σ_c и σ_p (эмпирическим путем).

Деформационные и прочностные характеристики флишевого породного массива определялись под геотехническую модель трещиноватых пород – Jointed Rock Mass model [2], которая наиболее полно отвечает поведению трещиноватой, анизотропной и неоднородной среды [1].

Обобщенная инженерно-геологическая исполнительная схема разделения на «секции» трассы Бескидского тоннеля и сводная таблица деформационных и прочностных характеристик геомассива представлены на рис. 4 и в таблице 1.

До начала выполнения математического моделирования была выполнена геомеханическая оценка технического состояния эксплуатируемого тоннеля, по результатам которой были определены:

1. Предел прочности на сжатие обделки тоннеля из природного камня (песчаник) – $R_c^{\text{пк}} = 52$ МПа.

2. Предел прочности на сжатие кладочного раствора тоннеля – $R_c^{\text{кр}} = 19$ МПа.

Испытания проводились неразрушающим методом контроля прибором ОНИКС-2,5 по ДСТУ Б В.2.7-220:2009.

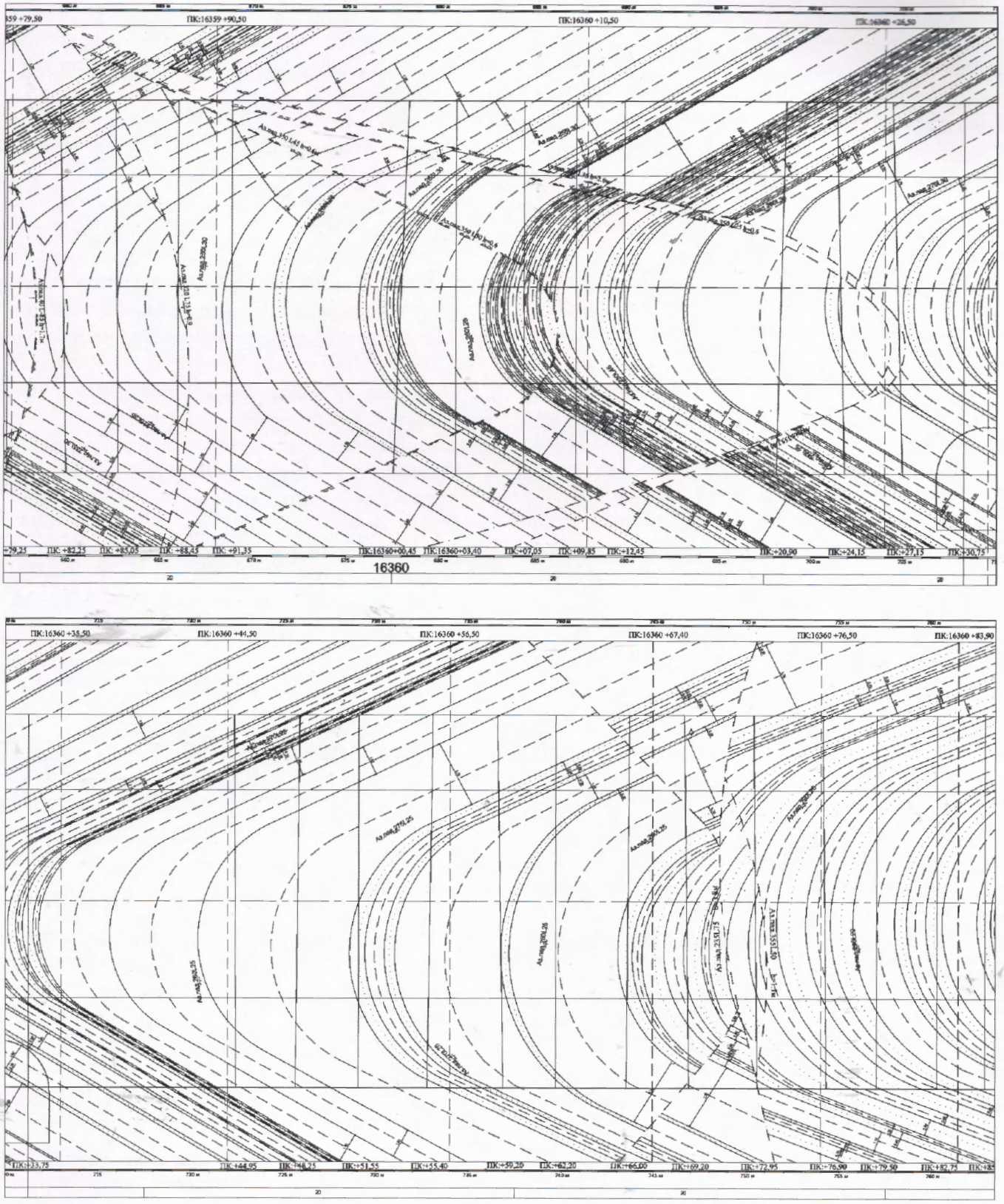


Рис. 3. Участок геологического строения в районе сбойки № 2 (ПК16360+32,1). Геологические пласты «секции»

3. «Пороговые» или граничные значения деформаций обделки действующего тоннеля, при превышении которых в конструкции возникают растягивающие напряжения, составляют 20 мм.

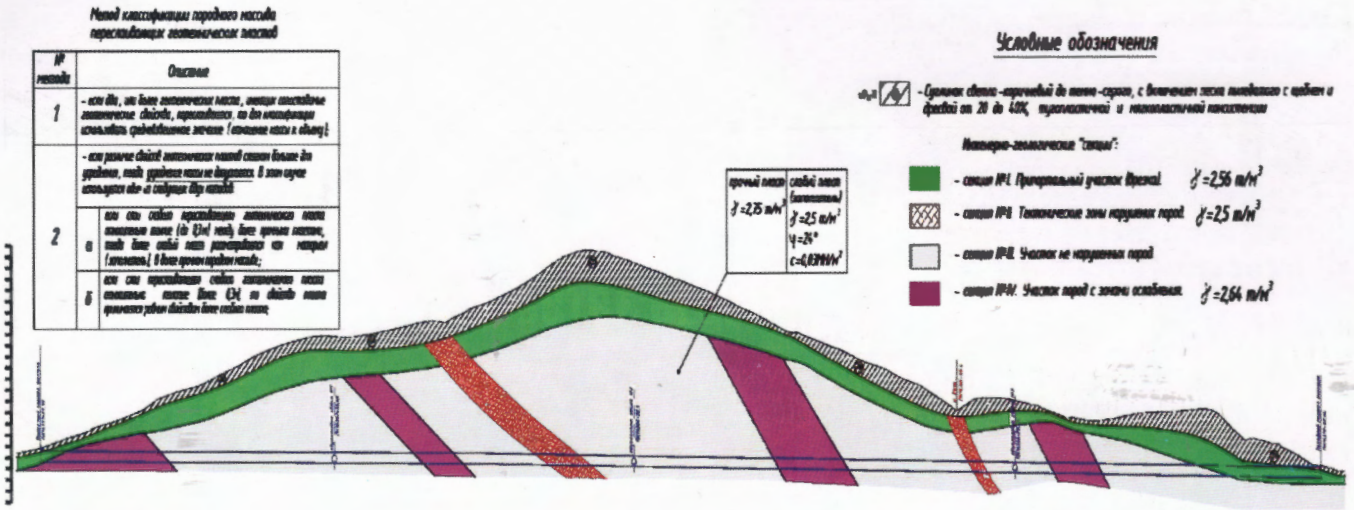


Рис. 4. Обобщенная инженерно-геологическая схема разделения на «секции» трассы Бескидского тоннеля, составленная по результатам обработки данных, полученных при геологоразведочном керновом бурении горизонтальных опережающих скважин

Таблица 1

Сводная таблица деформационных и прочностных характеристик флишевого геомассива, определенных для модели трещиноватых анизотропных пород – Jointed Rock Mass model (Plaxis, Midas GTS)

№ секции	Метод классификации		Q (Barton et al.,1974)	RMR (Bieniawski, 1973)	GSI (Hoek, 1999)	m_i	E_o, ГПа	E_M, ГПа	$E_{\parallel}$, ГПа	$E_{\perp}$, ГПа	D	σ_{ci}, ГПа	σ_c, ГПа	σ_p, ГПа
I	№ 1		0,007	18	30	4	0,8	1,6	1,1	0,6	0,1	70	1,1	0,1
II	№ 1		0,002	11	20	4	0,2	1,0	0,7	0,4		60	0,5	0,03
III	№ 2а	прочный пласт	0,11	36	60	19	3,1	4,7	4,0	2,3		150	15,0	–
		слабый пласт (заполнитель)	–	–		–	–	–	–	–		–	–	0,35
IV	№ 2б		0,34	28	50	12	1,9	2,8	2,3	1,3		120	7,1	0,22

Таблица 2

№ сбойки	1	2	3
Пикет сбойки	ПК16357 + 33,68	ПК16360 + 32,1	ПК 16366 + 29,45
Глубина заложения тоннеля от поверхности земли, м	100	160	60
Вертикальная нагрузка на верхнюю границу расчетной области от веса вышележащего геомассива, *P*, кПа	1600	3200	400

Математическое моделирование было выполнено в геотехническом программном комплексе Plaxis 3D 2016 для 3-х сбоек, расположенных на разных глубинах в секции № III (см. рис. 4). Принципиально новым моментом моделирования поставленной задачи был учет в 3D-постановке фактора времени (подсистемы ТС), а именно: учет продвижения забоя сбойки к действующему тоннелю на длину каждой заходки, равной 1 м, и учет нарастания прочности набрызгбетона крепи во времени при продвижении забоя сбойки.

Пикеты сбоек, их глубина и вертикальная нагрузка на расчетную область приведены в таблице 2.

Чтобы учесть технологический процесс отставания крепи от обнажения пород при продвижении забоя сбойки, в расчете применялась известная методика определения коэффициента начальной разгрузки геомассива α^* [3, 4, 5].

Коэффициент α^* определяется по следующим эмпирическим формулам:

$$\alpha^* = \exp\left(-1{,}3\frac{l_0}{r_0}\right), \quad (1)$$

где r_0 – радиус (или полупролет) сечения выработки в проходке, м; l_0 – отставание установки крепи от забоя выработки, м;

$$\alpha^* = 0{,}988E_м^{-0{,}053} \cdot \exp[L(0{,}059 - 0{,}033\ln E_м)], \quad (2)$$

где $E_м$ – модуль деформации породы призабойной зоны, МПа; L – длина строительной заходки, м.

Итак, при длине строительной заходки (отставания установки крепи от забоя выработки), равной 1 м, $\alpha^* = 0{,}6$.

Данный коэффициент определяет начальные смещения (деформации) пород призабойной зоны, которые возникают до возведения крепи сбойки (до ввода в работу крепи в контакт с геомассивом), а также степень падения бытовых напряжений в геомассиве на длине призабойной неподкрепленной зоны выработки, равной $l_0 = 1{,}0$ м, а именно: 40 % от начального напряжения в геомассиве действует на неподкрепленный контур выработки ($0{,}4\sigma^0_{x,y}$) и 60 % воспринимает крепь выработки ($0{,}6\sigma^0_{x,y}$).

Более подробно учет данного метода в условиях флишевого сложения пород описан в [6, 7].

Материал обделки горных выработок моделировался объемными элементами с использованием упругопластической модели (модель пластического течения с критерием прочности по Мору-Кулону). Параметры прочности сцепления c и угла внутреннего трения φ для модели МК определялись из диаграммы наибольших кругов напряжений Мора (паспорта прочности) или по формулам:

$$R_c = \frac{2c \cdot \cos\varphi}{1 - \sin\varphi}; \quad (3)$$

$$R_p = \frac{2c \cdot \cos\varphi}{1 + \sin\varphi}, \quad (4)$$

где R_c и R_p – для действующего тоннеля принимались по результатам геомеханической оценки его технического состояния, а для новых выработок (строящегося тоннеля и сбоек) – по характеристикам применяемого набрызгбетона (для временной крепи), определяемого в строительной лаборатории ПрАТ «Интербудтоннель» (подрядчика).

Согласно протоколу испытаний на $t = 28$ сут предел прочности набрызгбетона составляет:

$$R_c^{28Б} = 38{,}0 \text{ МПа}, \quad R_p^{28Б} = 2{,}3 \text{ МПа}.$$

По эмпирической формуле (5) определяется прочность бетона на любые, необходимые для расчета, сутки [5]

$$R_{ct} = 0{,}69 \cdot R_c^{28Б} \cdot \lg t, \quad (5)$$

где t – возраст бетона, сут.

Основные уравнения, описывающие упругопластическую модель Мора-Кулона, приведены в источнике [2].

Основные результаты расчета на сбойку № 3 представлены ниже.

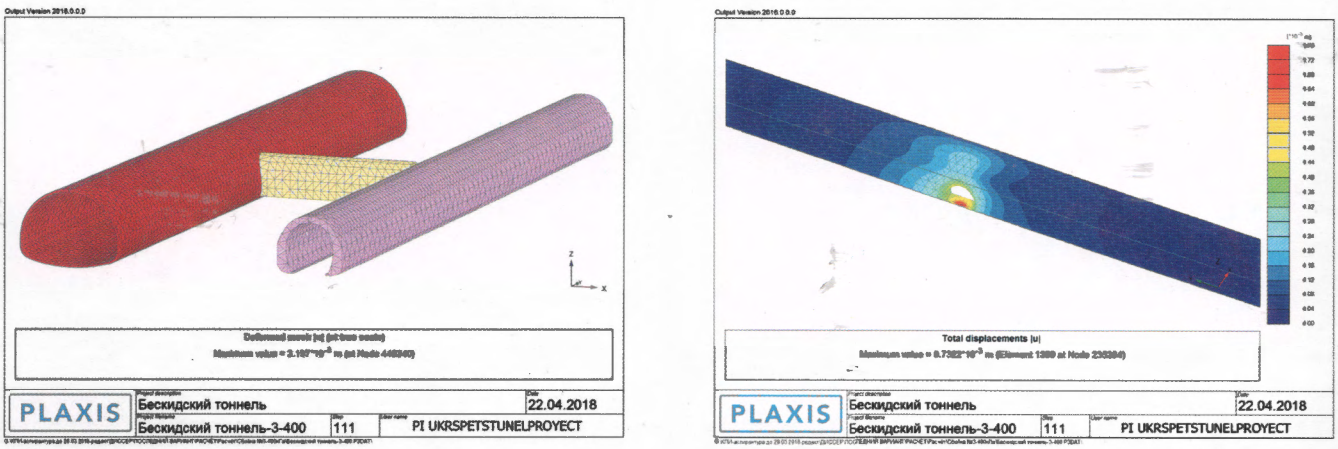


Рис. 5. Общий вид расчетной модели и общие деформации в конструкции действующего тоннеля на последней фазе расчета (геомассив условно не показан)



Рис. 6. Общие деформации в геосистеме при длине тупиковой выработки (сбойки), равной 1 м

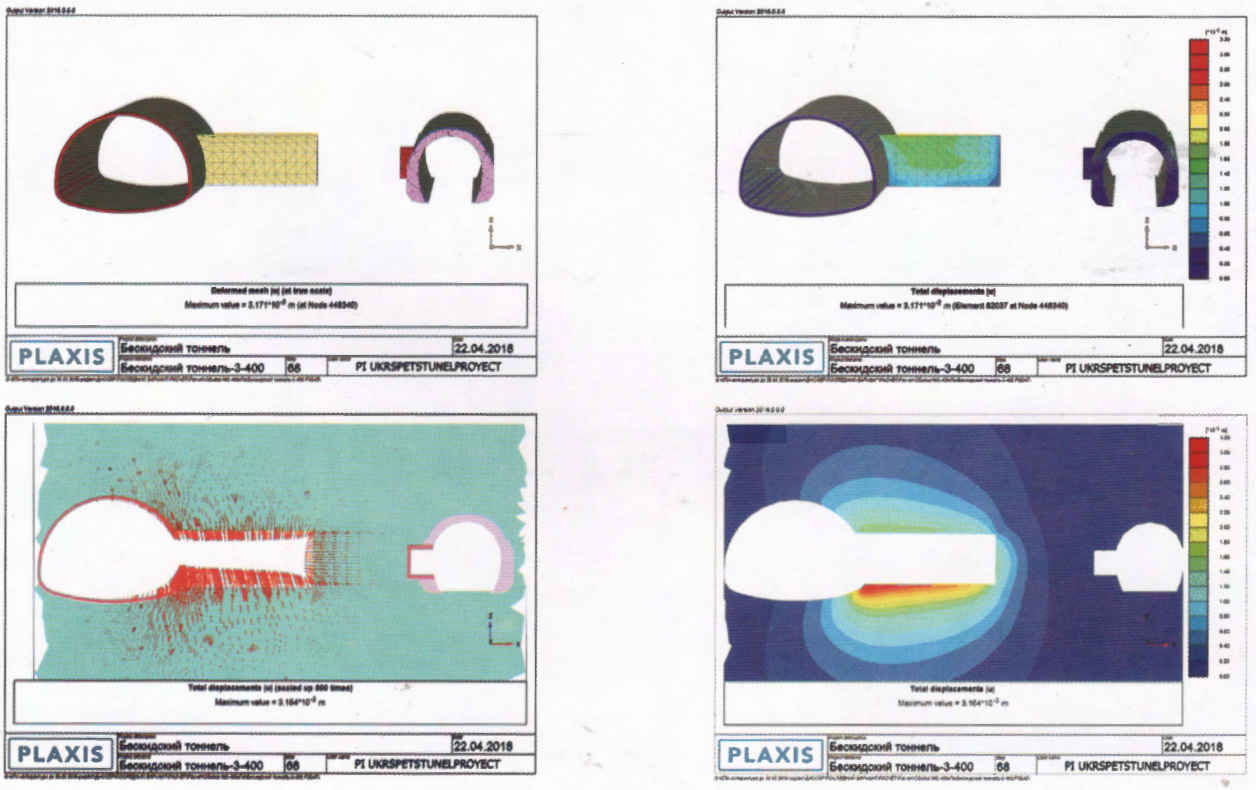


Рис. 7. Общие деформации в геосистеме при длине тупиковой выработки (сбойки), равной 11 м

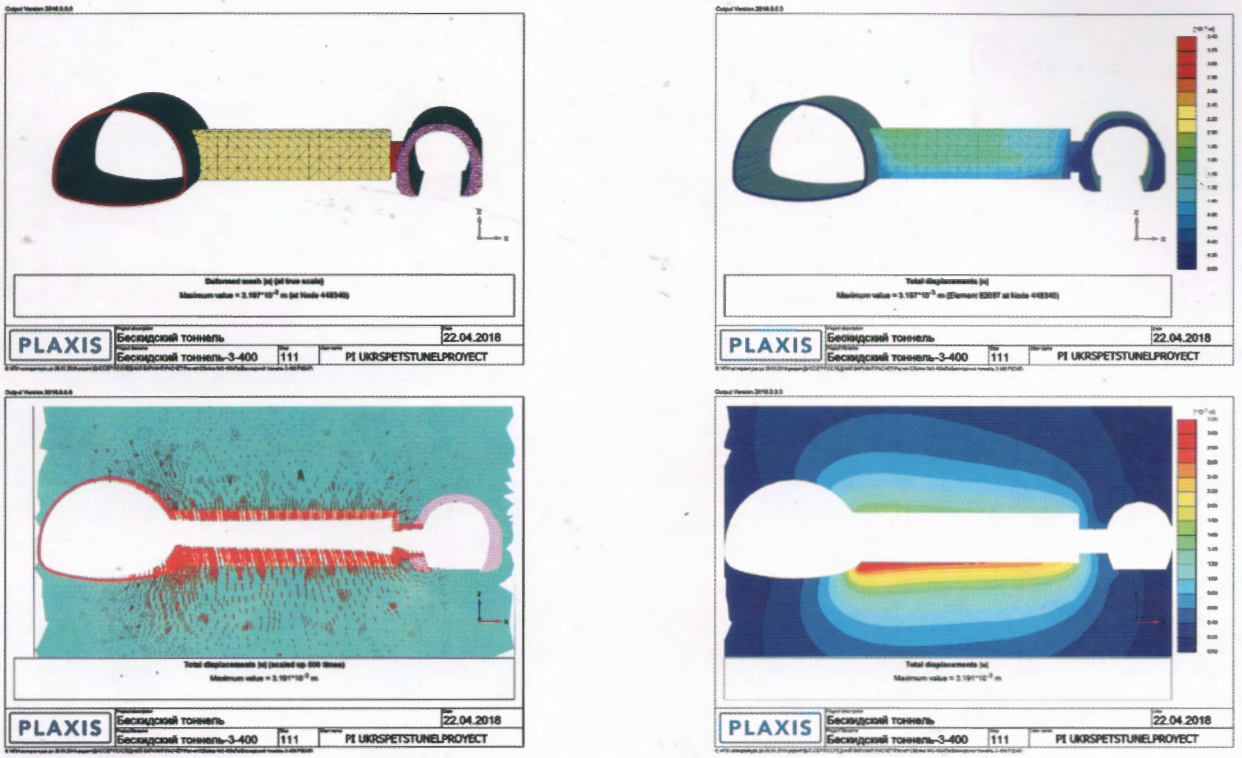


Рис. 8. Общие деформации в геосистеме при сопряжении сбойки с камерой действующего тоннеля

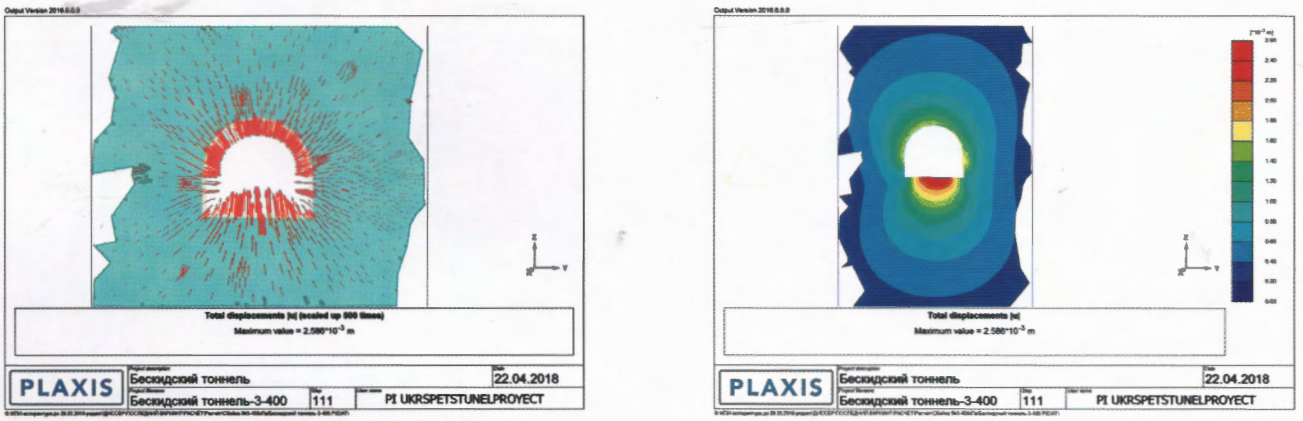


Рис. 9. Общие деформации в геосистеме при сопряжении сбойки с камерой действующего тоннеля (разрез по сечению сбойки на 8-м м)

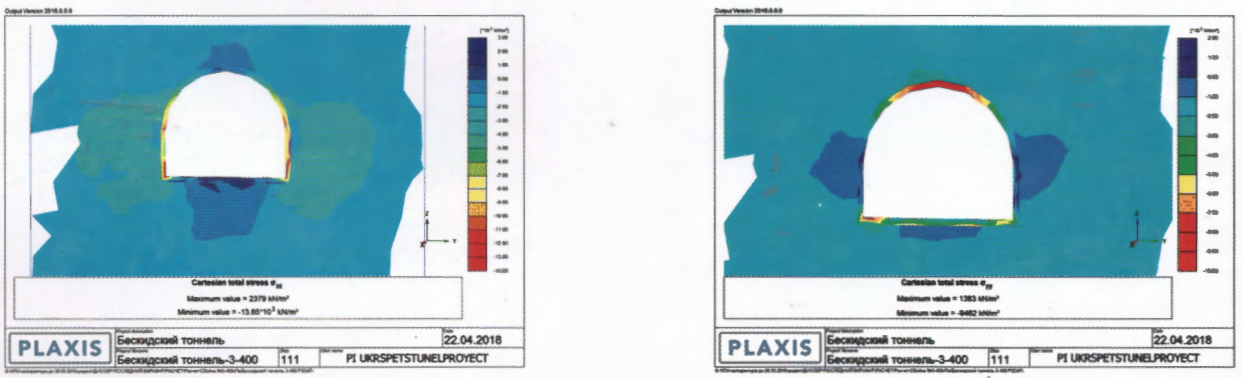


Рис. 10. Вертикальные и горизонтальные напряжения в геосистеме при сопряжении сбойки с камерой действующего тоннеля (разрез по сечению сбойки на 8-м м)

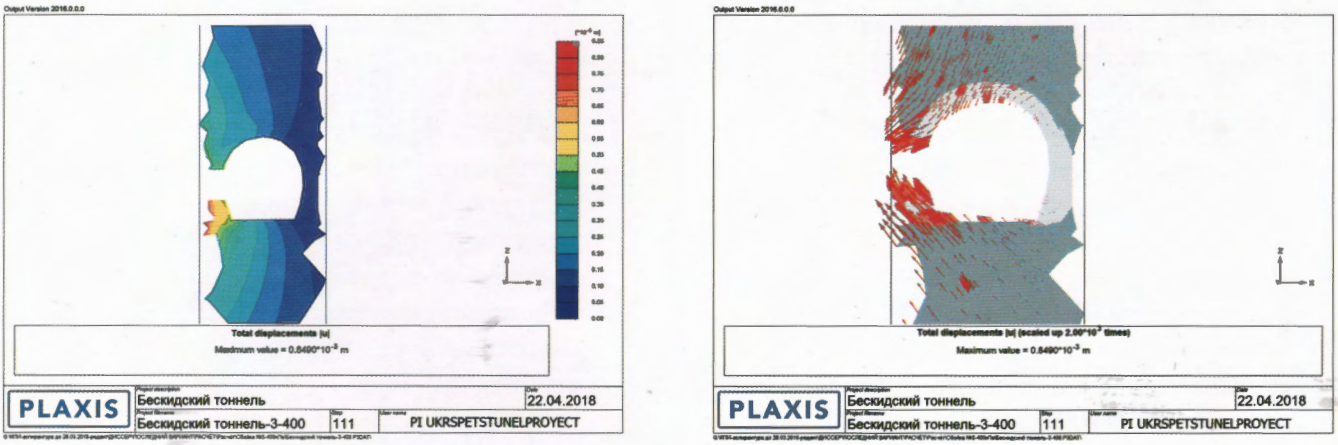


Рис. 11. Общие деформации в геосистеме при сопряжении сбойки с камерой действующего тоннеля (разрез по действующему тоннелю)

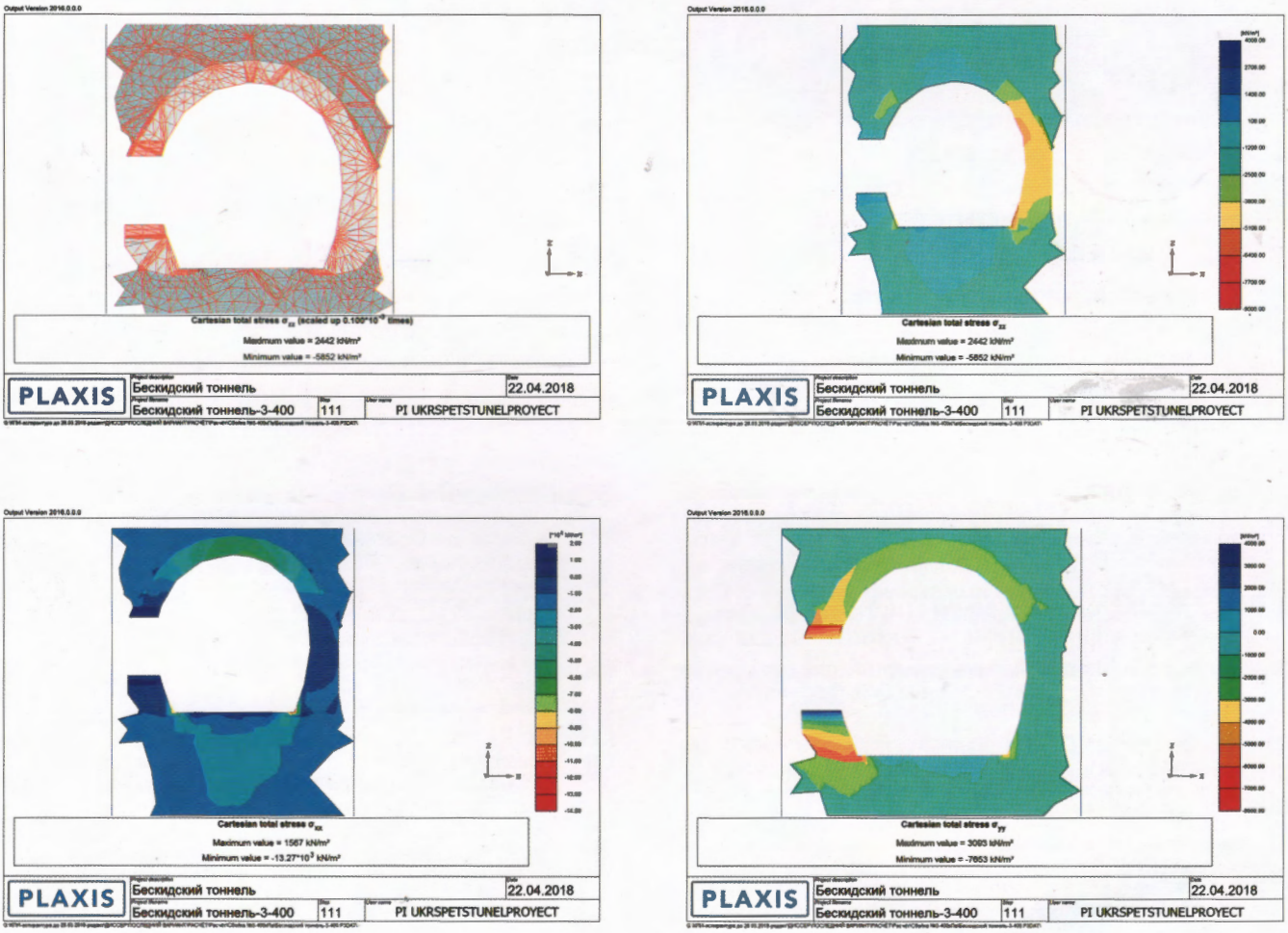


Рис. 12. Вертикальные, горизонтальные и продольные напряжения в геосистеме при сопряжении сбойки с камерой действующего тоннеля (разрез по действующему тоннелю)

Анализ результатов расчетно-теоретических исследований показал следующее:

- в геосистеме «М-ТС-К» наибольшее влияние на формирование НДС обделки эксплуатируемого тоннеля оказывает технология строительства сбоек (подсистема ТС);
- на всех этапах проходки при приближении забоя сбойки к действующему тоннелю материал обделки тоннеля находится в состоянии всестороннего сжатия;
- максимальные сжимающие напряжения в обделке не превышают прочности кладки на сжатие;
- общие деформации обделки эксплуатируемого тоннеля не превышают «пороговых» (граничных) значений, определенных в ходе обследований его технического состояния.

Полученные результаты деформаций обделки эксплуатируемого тоннеля в дальнейшем были подтверждены натурными исследованиями, выполненными в процессе проходки сбоек [8] (постоянного геодезического мониторинга обделки в процессе продвижения забоя сбоек к действующему тоннелю).

Выводы.

1. Предложенная методология расчета крепи подземной выработки на основе единой системы «массив–технология строительства–крепь» позволяет:

- получать полную и объемную картину НДС как всей геосистемы, так и конструкции эксплуатируемого (действующего) подземного сооружения, попадающего в зону влияния горнопроходческих работ;
- вносить конструктивные и технологические изменения в разработанную базовую модель для ее корректировки в процессе строительства.

2. Предложенная методология актуальна при раскрытии выработки вблизи действующих сооружений (влияние приближения забоя к эксплуатируемому тоннелю очевидно), когда остановка движения железнодорожного транспорта в этом тоннеле невозможна.

3. Описанная методология расчета позволила принять в дальнейшем технические решения, которые отвечают безопасной эксплуатации действующего тоннеля без остановки движения поездов. Отказ от установки в «окна» движения поездов традиционных обязательных охранных мероприятий в действующем тоннеле (от временных металлических арочных кружал) уменьшил трудоемкость на объекте и дал значительниый экономический эффект.

[1] *Стовпник С.Н., Осипов А.С.* Исследование флишевого породного массива в условиях строительства Бескидского тоннеля//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2018. – №1. С. 10–18.

[2] Plaxis 2D/3D. Руководство пользователя. Часть 3. Пособие по моделям материалов, «НИП-Информатика», – Санкт-Петербург, 2012 г.

[3] *Амусин Б.З.* Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики / Амусин Б.З., Фадеев А.Б. – М.: Недра, 1975.

[4] *Щелочкова Т.Н.* Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методика определения эффективных параметров тоннельных обделок из набрызгбетона», Москва, 2010 г.

[5] *Булычев Н.С.* Механика подземных сооружений, – М., «Недра», 1994 г.

[6] *Стовпник С.Н., Осипов А.С.* Оптимизация комбинированной конструкции временной крепи тоннелей для сложных инженерно-геологических условий флишевого сложения массива пород – Вісті Донецького гірничого інституту, – Красноармійськ, 2016, Випуск №1(38) – С. 105–114.

[7] *Стовпник С.Н., Осипов А.С., Имашев А.Ж.* Опыт решения задач моделирования и расчета временной крепи подземной выработки в сложных инженерно-геологических условиях проходки на примере строительства Бескидского тоннеля//«Горный журнал Казахстана». – Алматы. – 2018. – № 4.

[8] *Осипов А.С.* Геомеханическое обоснование влияния приближения забоя выработки к эксплуатируемому тоннелю в условиях флишевого сложения пород//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – № 4. – С. 24–29.

[9] СНиП II-44-78 Тоннели железнодорожные и автодорожные. Нормы проектирования.

Надійшла 03.05.2018

УДК 624.012

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

У роботі пропонуються розроблені окремі положення моніторингу будівельних конструкцій, які увійшли до чинного ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Розглянуто склад та задачі системи моніторингу. Як приклад одного з елементів системи моніторингу приведена математична модель будівлі, яка дала можливість виконати оперативне попереднє прогнозування значень контрольованих параметрів будівельних конструкцій.

In the work, developed separate provisions for monitoring the construction structures, which are included in the current ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. In the work the composition and tasks of the monitoring system are considered. As an example of one of the elements of the monitoring system, the mathematical model of the building is considered. The mathematical model made it possible to perform operative preliminary forecasting of the values of controlled parameters of building constructions.

Ключові слова: аварійний стан, техногенні надзвичайні ситуації, технічний стан, житловий фонд, контрольовані параметри, безпека експлуатації, надійність, моніторинг, математична модель.



Ю.А. Отрош
доцент кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, к.т.н., доцент

Згідно з статистичними даними національної доповіді в останні п'ять років в Україні в середньому виникало 50–60 пожеж та вибухів, які досягали критеріїв надзвичайних ситуацій, 25–30 катастроф на транспорті, 7–12 аварій в системах життєзабезпечення, 5–10 випадків раптового руйнування будівель та споруд, 5–10 аварій в електроенергетичних системах.

Однією з основних причин виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в Україні є застарілість основних фондів та аварійний стан значної частини мереж комунального господарства.

Зростання ризику виникнення техногенних надзвичайних ситуацій в Україні обумовлено тим, що в найбільш відповідальних галузях об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти мають напрацювання проектного ресурсу на рівні 50–70 %, а іноді досягають передаварійного рівня.

Переважна більшість надзвичайних ситуацій є результатом незадовільного технічного стану споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, їх значного зношення внаслідок закінчення нормативного терміну експлуатації – нормативного ресурсу, невиконання нормативних обсягів планово-попереджувальних ремонтів, порушення регламенту експлуатації та недостатньої надійності функціонування в умовах екстремальних природних явищ.

Станом на 1 січня 2013 року житловий фонд країни становив 1094,2 млн. м^2 загальної площі, з якого 64,0 % (700,7 млн. м^2) – житловий фонд міських поселень. Житловий фонд налічував 10179,9 тис. будинків, включаючи ті (10,8 тис.), що перебували на балансі підприємств-банкрутів, та тих, що припинили свою діяльність.

В експлуатації знаходилось 4,9 млн. м^2 ветхого та аварійного житлового фонду, або 0,4 % від усього житлового фонду, в якому проживало 117,5 тис. осіб.

За матеріалами досліджень аналітичного центру асоціації міст України, в державі налічується 25,5 тис. будинків, побудованих за проектами перших масових серій великопанельних, блокових і цегляних, загальною площею 72 млн м^2, тобто 23 % міського житлового фонду потребує відновлення шляхом реконструкції та модернізації.

У багатьох регіонах експлуатується житло, вік якого становить понад півстоліття. Так, у Черкаській, Харківській. Запорізькій, Миколаївській областях близько 30 % житлових будинків побудовані в 1950-х роках і раніше, 18–20 % такого житла припадає на АР Крим, Закарпатську, Івано-Франківську області. У столиці на його частку припадає 13,5 %.

Неприпустимість подальшого зниження рівня безпеки та зменшення тривалості роботи об'єктів життєзабезпечення внаслідок експлуатації споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, які працюють на межі вичерпання свого ресурсу і становлять потенційну небезпеку для життя та діяльності людей, потребує вжиття комплексу заходів. Це створення сталої системи правового регулювання у сфері забез-

© Отрош Ю.А.

Технічний стан житлового фонду (будівель) у міській та сільській місцевості

Регіон	Кількість житлових будинків усього, тис. одиниць	Ветхі житлові будинки, одиниць	Аварійні житлові будинки, одиниць	Рівень потенційної загрози руйнації, $n \cdot 10^{-5}$
АР Крим	332,69	987	161	350
Вінницька	569,43	3018	878	685
Волинська	232,37	1299	229	665
Дніпропетровська	608,02	1740	258	330
Донецька	849,50	4946	1617	764
Житомирська	380,47	2870	515	895
Закарпатська	303,01	911	237	380
Запорізько	351,67	827	232	328
Івано-Франківська	340,77	972	347	383
Київська	525,56	2614	451	585
Кіровоградська	318,77	149	19	53
Луганська	518,39	1793	231	388
Львівська	453,59	1336	430	390
Миколаївська	269,96	1456	623	780
Одеська	481,42	4258	1314	1150
Полтавська	422,61	1389	210	380
Рівненська	261,67	1414	235	635
Сумська	330,84	1836	270	638
Тернопільська	285,86	897	490	485
Харківська	495,53	4177	547	970
Херсонська	285,76	1011	323	475
Хмельницька	380,42	1566	309	494
Черкаська	429,24	2728	590	750
Чернівецька	246,17	977	286	509
Чернігівська	393,51	836	100	238
м. Київ	33,68	356	6	109
м. Севастополь	30,10	86	54	470
Всього	**10313**	**46449 (0,46 %)**	**10962 (0,1 %)**	**557 (середнє)**

печення надійності та безпечної експлуатації споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж і збільшення обсягів робіт з обслуговування і ремонту житла із застосуванням новітніх енергозберігаючих технологій і матеріалів, ліквідація аварійного (ветхого) житла.

В останні роки набула актуальності проблема моніторингу оточуючого середовища та експлуатаційного спрацювання елементів будівель та споруд, інженерних мереж [1]. Проблема пов'язана з вивченням питань збереження будівель та споруд, що експлуатуються, забезпечення їх безпеки, масового накопичення інформації про стан будівель і споруд в залежності від умов експлуатації, вдосконаленням системи моніторингу і поширення її на міста України.

Метою роботи є розроблення методів попередження відмов конструкцій, елементів і систем будівель та споруд задля їх безпечної експлуатації у відповідності з вимогами чинних норм при мінімальних затратах ресурсів.

Розроблено окремі положення моніторингу будівельних конструкцій, які увійшли до чинного ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 [2], що визначає контрольовані параметри різних видів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд на різних етапах їх життєвого циклу: проектування, будівництво, експлуатація, консервування, розконсервація, ліквідація.

Організація моніторингу з забезпечення експлуатаційної безпеки будівель та споруд

базується на спостереженні за змінами показників параметрів стану та оцінюванні визначених змін.

Кількість і види контрольованих параметрів визначаються згідно з результатами попереднього обстеження, вимогами нормативної і проектної документації та умовами збереження експлуатаційних властивостей об'єкта впродовж його життєвого циклу.

Основою для проектування системи моніторингу будівель та споруд, у тому числі розроблення програми моніторингу і визначення періодичності спостережень, є класифікація будівельних конструкцій відповідно до вимог чинних нормативних документів щодо забезпечення безпеки експлуатації будівель і споруд [3, 4].

Розроблений стандарт ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 [2] поширюється на будівлі та споруди для класів відповідальності за можливими наслідками СС2, СС3 згідно з ДБН В.1.2-14-2009 [4]. Цей стандарт установлює загальні вимоги до проведення моніторингу технічного стану конструктивних елементів, будівель та інженерних споруд.

Параметри впливів та їх величини визначають згідно з вимогами чинних нормативних документів [3, 4] за даними спостережень метеорологічних станцій; за паспортами на обладнання та іншими документами і використовуються в розрахунках і проектуванні об'єкта, а також є базовими для контролювання його технічного стану в періоди зведення та експлуатації.

Зміни технічного стану конструктивних елементів реєструються датчиками системи моніторингу, які дозволяють отримувати дані реакції об'єкта на зовнішні і внутрішні впливи, а саме:

- переміщення об'єкта та окремих елементів у просторі у вигляді прогинів, осідань, кренів тощо;
- деформації в будівельних конструкціях;
- зміни динамічних характеристик будівельних конструкцій і будівлі в цілому;
- зміни в середовищі, що оточує об'єкт моніторингу.

Моніторинг будівельних конструкцій проводиться на підставі затвердженої програми з допомогою технічних засобів неруйнівного контролю та встановленої періодичності. Періодичність проведення робіт визначається з урахуванням класів відповідальності будівельних конструкцій згідно з ДБН В.1.2-14-2009 [4]. При цьому мінімальна періодичність спостережень встановлюється відповідно до проектної і нормативної документацій або спеціальних вимог до конкретного об'єкта. За необхідності періодичність окремих видів спостережень елементів будівельних конструкцій будівель і споруд може коригуватись.

Результатами моніторингу є інформація про стан об'єкта та території забудови, що наводиться у проміжних та заключних звітах, які оформляються на підставі реєстрації, накопичення та первинного аналізу інформації від чутливих елементів, які встановлюють на будівельних конструкцях, що підлягають контролю. За результатами моніторингових спостережень у складі звіту надається висновок про поточні значення контрольованих параметрів будівельних конструкцій.

Результати моніторингу використовуються для оцінювання технічного стану будівельних конструкцій, будівель та споруд. Кінцевим результатом оцінки технічного стану будівельних конструкцій може бути висновок про можливість (неможливість) подальшої експлуатації будівель та споруд у штатному режимі.

Постійному контролю технічного стану будівель та споруд з використанням автоматизованих систем піддаються відповідальні за критеріями безпеки конструкції. При цьому використовуються прилади і обладнання з автоматичним зберіганням, обробленням і передачею результатів вимірювань по інформаційних каналах зв'язку.

Параметри технічного стану за їх граничними критеріями оцінюються для прийняття рішень щодо:

- забезпечення безпеки людей;
- переведення об'єкта в режим аварійної експлуатації, вжиття протиаварійних заходів та мінімізації можливих наслідків;
- підсилення несучих конструкцій об'єкта.

Система моніторингу будівельних конструкцій складається з наступних основних елементів:

- вимірювальних елементів контрольованих параметрів. Вимірювальними елементами є датчики реєстрації зміни параметрів стану будівельних конструкцій. Точність вимірювань і кількість датчиків визначаються програмою моніторингу;

- інформаційної системи реєстрації, накопичення та первинної обробки показників контрольованих параметрів будівельних конструкцій;
- математичної моделі (або її автоматизованого аналога в інформаційній системі) для оперативного попереднього прогнозування значень контрольованих параметрів будівельних конструкцій на найближчий час;
- системи налаштування й управління інформаційною системою моніторингу будівельних конструкцій.

Математична модель (або її автоматизований аналог в інформаційній системі) дає можливість виконати оперативне попереднє прогнозування значень контрольованих параметрів будівельних конструкцій. Результатом оперативного попереднього прогнозу є висновок про експлуатаційну придатність контрольованих будівельних конструкцій з врахуванням можливої тенденції до погіршення їхнього технічного стану. Прогноз виходу реєстрованих значень визначених параметрів будівельних конструкцій за межі заданого критерію є основою для прийняття рішень щодо можливості подальшої експлуатації будівлі або споруди.

Математичне моделювання зміни технічного стану об'єктів, що складаються з великої кількості конструктивних елементів, досить складне. Це обумовлюється невизначеністю та випадковістю. Тому вибір моделі, яка описує зміни стану будівлі, не є однозначним. Може бути використано багато різних моделей. На це впливають фізико-хімічні процеси, що протікають в матеріалах, з яких виготовлені конструкції, навантаження, процеси, які відбуваються під час експлуатації, якість виготовлення конструкцій, а також інша група чинників – кліматичні фактори та оточуюче середовище.

У роботі як приклад запропонована математична модель будівлі кінотеатру ім. Гагаріна по вул. Щусєва, 5 у Шевченківському районі м. Києва (рис. 1). Необхідність у проведенні обстеження будівельних конструкцій виникла внаслідок припинення експлуатації будівлі за прямим призначенням без розроблення і виконання в натурі заходів щодо консервації будівлі.

Будівля кінотеатру – це складна в плані різноповерхова споруда, побудована в 70-х роках минулого століття. Конструктивна система її основної частини безкаркасна з несучими цегляними стінами.

Як несучі горизонтальні елементи в цій частині використано кроквяні збірні залізобетонні двоскатні балки прогоном 18 м. За результатами проведених досліджень балки відповідають маркуванню 1Б4-18-2 за серією ПК-01-06.

На верхній пояс кроквяних балок обпираються ребристі плити покриття, які відповідають маркуванню ПНС-12 серії ПК-01-111 з несучою здатністю 650 кг/м^2 (без врахування власної ваги), що відповідає корисному нормативному навантаженню 380 кг/м^2.

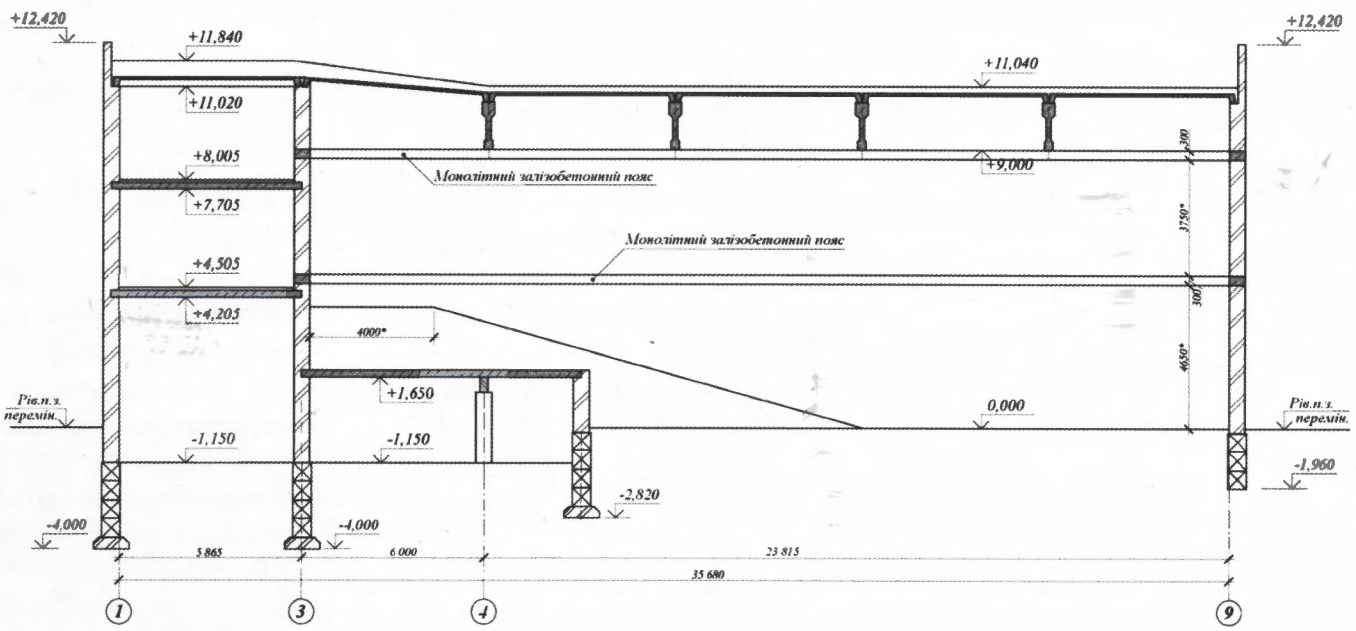


Рис. 1. Розріз будівлі кінотеатру ім. Гагаріна по вул. Щусєва, 5 у Шевченківському районі м. Києва

Просторова жорсткість основної частини будівлі забезпечується сумісною роботою цегляних стін завтовшки 510 мм, які підсилено двома горизонтальними залізобетонними поясами, разом із залізобетонним горизонтальним диском покриття, утвореним шляхом приварювання закладних деталей плит до відповідних закладних елементів балок і замонолічування швів між ребрами плит покриття цементно-піщаним розчином.

Перекриття над підвалом виконано зі збірних багатопустотних залізобетонних плит типу ПК із бетону класу С25/30 (В30), які лежать уздовж буквених осей. По осі 4 плити обпираються на збірні залізобетонні прогони перерізом 510×160 мм, завдовжки 5980 мм із бетону класу С25/30 (В30). Перекриття над першим поверхом виконано зі збірних багатопустотних залізобетонних плит типу ПК із бетону класу С25/30 (В30), які лежать вздовж буквених осей, за винятком осей В-Ж/3-(4/5). Перекриття над другим поверхом виконано зі збірних багатопустотних залізобетонних плит завдовжки 5760 та 2760 мм, завширшки 1190 мм і завтовшки 220 мм типу ПК із бетону класу С25/30 (В30), які лежать уздовж буквених осей.

За результатами виконаних обстежень встановлено, що зовнішні стіни будівлі мають пошкодження, що свідчить про початок руйнування та зниження несучої здатності: відшарування облицювання, часткове замочування, розморожування та руйнування кладки в верхній частині стін у районі розташування водовідведення з покрівлі зальної частини й обпирання кроквяних балок на монолітний залізобетонний пояс, вивітрювання розчину з швів, локальні руйнування зовнішніх прошарків кладки в місцях замочування, послаблення цеглин, тріщини в кладці, випадання цеглин з кладки (рис. 2, 3). Як найбільш імовірна причина появи пошкоджень у стінах розглядається незадовільно виконане водовідведення з покрівлі, припинення експлуатації будівлі без розроблення і впровадження заходів щодо консервації, незадовільний стан вимощення, відсутність відведення атмосферних опадів за межі майданчика.

Для обґрунтування мінімально необхідного армування конструкцій необхідно визначити напружено-деформований стан будівлі в цілому (зусилля, які виникають у конструкціях будівлі, а також переміщення конструкцій). З цією метою розроблена скінченно-елементна модель будівлі в лінійній постановці задачі. Розрахунки будівлі виконані з урахуванням податливості основи і жорсткості монолітної фундаментної плити та конструкцій каркаса.



Рис. 2. Вигляд кладки стіни фасаду по осях 10–1



Рис. 3. Руйнування кладки стіни фасаду по осях 10–1 у місці розташування водовипускних пристроїв

Розрахунки будівлі здійснені на основі математичної моделі, розробленої для сумісного розрахунку системи «ОСНОВА– ФУНДАМЕНТ–БУДІВЛЯ». Просторова розрахункова модель, як єдина структурна система, складається з двох підструктур:

- підструктура № 1 – розрахункова скінченно-елементна модель конструктивної системи будівлі;
- підструктура № 2 – розрахункова модель основи.

Розрахунок будівлі (підструктура № 1) виконано з використанням програмного комплексу «Lira–Windows», в основі якого метод скінченних елементів у переміщеннях, і системи ҐРУНТ, програми автоматизованого створення моделі ґрунту і розрахунку параметрів пружної основи (підструктура № 2).

Розрахунок виконано ітераційним способом, при якому на першому кроці роботи ПК «Lira–Windows» збираються навантаження у вигляді реакцій на позначці підошви фундаментів з урахуванням жорсткості конструкцій об'єкта, що розраховується, і постійних значеннях коефіцієнтів жорсткості основи. Отримані значення реакцій основи передаються як величини навантажень тиску на її розрахункову модель з подальшим розрахунком по деформаціях (осіданнях), за якими визначаються нові (перерозподілені) коефіцієнти жорсткості основи.

Обчислені значення коефіцієнтів жорсткості основи з урахуванням роботи ґрунтів у лінійній стадії підставляються в початкові дані для розрахунку моделі на ПК «Lira–Windows» на другому кроці. За результатами виконання цього розрахунку виконується аналіз напружено-деформованого стану розрахункової схеми.

Комп'ютерна модель будівлі базується на скінченно-елементній апроксимації конструкцій.

Фундаменти та плитні конструкції змодельовано плоскими оболонковими скінченними елементами. Моделювання стін виконано оболонковими СЕ типу 41, 42 і 43 «чотирикутний елемент оболонки і трикутний елемент оболонки». Колони змодельовано СЕ типу 10 – «універсальний просторовий стрижень».

Система ҐРУНТ – програма автоматизованого створення моделі ґрунту і розрахунку параметрів пружної основи (коефіцієнтів жорсткості основи С1, С2).

Розрахунок основи виконувався згідно з ДБН В. 2.1-10:2009 [5].

Модель ґрунту містить відомості про геологію в кожній точці майданчика будівництва.

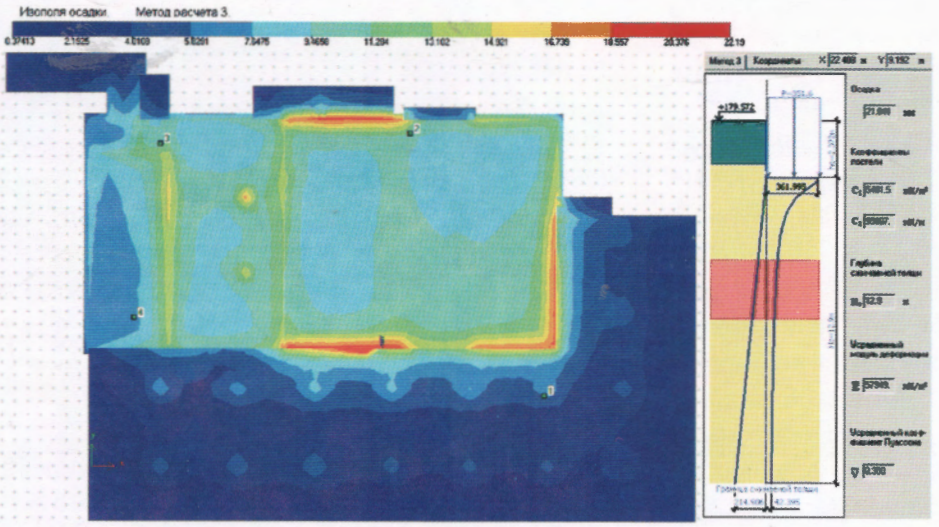


Рис. 4.
Ізополя осідань, мм

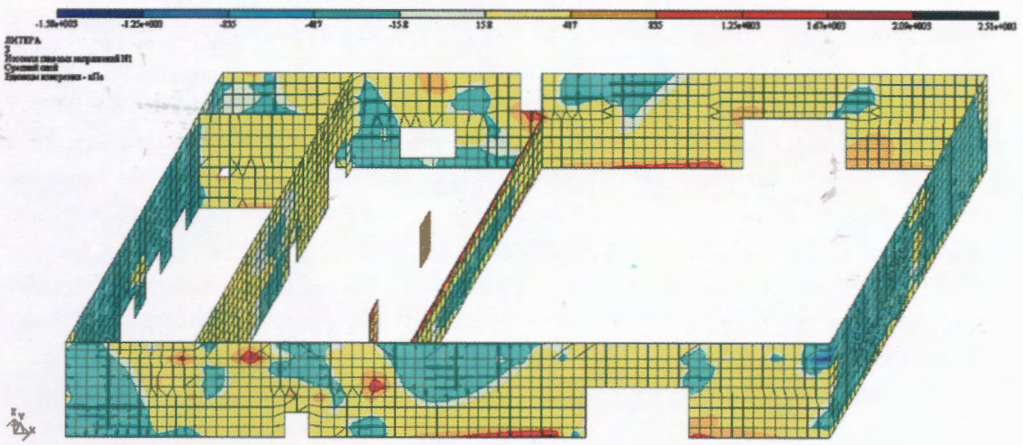


Рис. 5.
Розподіл головних напружень N_1 у стінах першого поверху

Кожен складовий ІГЕ (інженерно-геологічний елемент) описується наступними характеристиками ґрунту:

- модуль деформації E;
- коефіцієнт Пуассона ν;
- питома вага ґрунту γ.

Виконаними розрахунками конструкцій встановлено, що найбільша деформація ґрунтів основи становить 22,19 мм під стінами зальної частини будівлі (рис. 4). Згідно з рекомендованим додатком И ДБН В.2.1-10-2009 [5], для багатоповерхових безкаркасних будівель з несучими стінами з цегляної кладки з улаштуванням залізобетонних поясів середні осідання не повинні перевищувати 18 см, тобто розрахункові осідання будівлі не перевищують граничних величин.

Відповідно до вимог, які викладено в п. 5.3 [6], стан зовнішніх стін будівлі оцінюється як непридатний для експлуатації. Для забезпечення подальшої надійної експлуатації стін будівлі необхідно виконати ремонт цегляної кладки та вимощення, а також підмазати шви та очистити фасад. Рекомендується вжити заходів з унеможливлення замочування кладки стін – організоване водовідведення з покрівлі та території забудови, а також утеплення стін у відповідності з вимогами чинних нормативних документів.

Розроблена модель дозволяє визначити зусилля і переміщення у всіх СЕ, якими змодельована будівля. Як приклад, на рис. 5 наведено результати розрахунку стіни першого поверху.

Висновки.

1. Розроблено окремі положення моніторингу будівельних конструкцій, які увійшли до чинного ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 [2]. Стандарт визначає контрольовані параметри різних видів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд на різних етапах їх життєвого циклу: проектування, будівництво, експлуатація, консервування, розконсервація, ліквідація.

2. Моніторинг являє собою систему, задачею якої є збирання достовірної і оперативної інформації про стан експлуатаційної спрацьованості елементів будівель і споруд та інженерних систем, аналіз інформації з метою оцінювання впливу факторів на стан експлуатаційної спрацьованості елементів, прогнозування термінів відновлення, оцінка ефективності експлуатації.

3. Розроблену методологію в частині діагностики технічного стану і визначення залишкового ресурсу будівельних конструкцій примінено при проектуванні елементів підсилення конструкцій будівель та споруд. Для розрахунків конструкцій було використано моделювання НДС конструкцій будівлі із залученням ОК ЛІРА. Це дозволило розрахунковим шляхом виконати оптимізацію технічних рішень і конструкцій підсилення для будинків, що експлуатуються, і виконати подальше підсилення з мінімальними витратами.

[1] *Стражников А.М.* Научные основы, разработка и реализация системы мониторинга жилищного фонда в мегаполисах: Автореф. дис. докт. техн. наук. Специальность 05.02.22. – Москва, 2003. – 43 с.

[2] ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель та споруд / ДП «УкрНДНЦ». – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 38 с.

[3] ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с

[4] ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 27751, СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4417-83, СТ СЭВ 4868-84). – К: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с.

[5] ДБН В.2.1-10-2009. Державні будівельні норми України. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 82 с.

[6] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану / Мінрегіон України. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 45 с.

Надійшла 20.11.2017 р.

ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДІЮЧИХ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ



Д.Ф. Гончаренко
проректор з науково-педагогічної роботи Харківського національного університету будівництва та архітектури, д.т.н., професор



О.В. Старкова
завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Харківського національного університету будівництва та архітектури, д.т.н., доцент

Проблема збереження і відновлення діючих підземних комунікацій в останні роки набуває особливої актуальності. При цьому важливим є захист ґрунту та ґрунтових вод від різних агресивних реагентів, які можуть потрапляти в них через зруйновані конструкції підземних комунікацій.

Як відомо [1–3], значна частина каналізаційних трубопроводів і тунелів промислових центрів України була побудована в 60–70-х роках минулого століття з бетону та залізобетону. Масове застосування цих матеріалів у будівництві каналізаційних трубопроводів, тунелів та оглядових шахт пояснюється тим, що більшість фахівців з бетону і залізобетону вважали їх універсальними. Нормативними документами гарантувалася робота бетонних та залізобетонних конструкцій під землею понад 100 років. Такий термін цілком реальний для даних матеріалів, але тільки в разі їх служби в нормальних неагресивних по відношенню до бетону і залізобетону умовах [1].

Стічні води, що контактують з конструкціями каналізаційних мереж, ніколи не вважалися агресивними по відношенню до бетону, якщо вміст у них сульфатів, хлоридів і вільної кислоти не перевищував допустимих значень. В умовах міської каналізації, де відбувається змішування різних видів стоків (промислових, господарсько-побутових і зливових вод), ймовірність надходження агресивних до бетону стоків невелика [4, 5].

У той же час, про що свідчать численні випадки обвалів каналізаційних трубопроводів і тунелів (рис. 1, 2) [6, 7], бетонні та залізобетонні конструкції, як правило, не витримують свого гарантійного терміну служби і дуже часто виходять з ладу набагато раніше [8, 9].

Механізм руйнування конструкцій обумовлюється загальнокислотною агресією, ускладненою мікробіологічними процесами, пов'язаними зі складними біологічними і хімічними реакціями, так як кінцевим продуктом життєдіяльності бактерій є різні кислоти і з'єднання, що містять сульфат [10–13].

У зв'язку з цим важливою є проблема вибору матеріалів, технології та організації робіт із відновлення пошкоджених корозією конструкцій трубопроводів водовідведення і тунелів.

Значну увагу питанням підтримки справності систем водовідведення приділяють у високорозвинутих країнах [14]. Наприклад, у Німеччині на ремонт і підтримку в справному стані систем каналізації щорічно витрачаються мільярди євро. З огляду на залучення таких коштів особливого значення на стадії проектування і виконання ремонтно-відновлювальних робіт набувають питання забезпечення їх якості.

Як відомо [1, 3, 12–14], завданням комунальних підприємств, що здійснюють експлуатацію систем водовідведення, є забезпечення функціональної та експлуатаційної надійності споруд, які транспортують стічні води, з урахуванням економічних чинників.

При цьому визначаються проміжні цілі, до яких слід віднести необхідний експлуатаційний стан мережі, робочу гідравлічну надійність трубопроводів і тунелів, щільність і водонепроникність конструкцій споруд.

Часто трапляються ситуації, коли необхідність ремонту трубопроводів і тунелів виникає в тих випадках, коли запас зносу настільки низький, що вже досягнута та межа, при якій ставиться під сумнів їх функціональна здатність, або коли сталося непередбачене порушення функціональної здатності внаслідок зовнішніх або внутрішніх чинників, що призвели до руйнувань. Згідно з європейськими нормами [15] під поняттям «санація» розуміють усі заходи з

 © Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В.



Рис. 1. Аварія на каналізаційному тунелі ХТЗ діаметром 2220 мм (м. Харків, грудень 2014 р.):
а, б – просідання ґрунту в результаті обвалення тюбінга; **в** – корозійне руйнування обробки тунелю і тюбінга розміром 1370×770×200 мм; **г** – тимчасове закріплення склепіння на ділянці обвалення

відновлення або поліпшення необхідного стану систем водовідведення, що експлуатуються.

Складова частина технічного обслуговування (у вітчизняній практиці частіше вживається термін «ремонтно-відновлювальні роботи») враховується експлуатаційниками при плануванні бюджету на відновлення шляхом врахування ступеня пошкоджень і з метою забезпечення якості при проведенні проектних і безпосередньо ремонтно-відновлювальних робіт.

Згідно з п. 16.1 ДБН В.2.5-75:2013 [16] каналізаційні споруди повинні бути роботоздатними протягом усього розрахункового періоду їх функціонування, встановленого в проекті.

На існуючих каналізаційних системах і спорудах, що реконструюються і технічно переобладнуються, надійність роботи забезпечується виконанням регламентованих процедур, а саме:

- паспортизацією і своєчасним перерахунком несучої здатності мереж і споруд, залізобетонних та металевих конструкцій;
- санацією зношених каналізаційних мереж;
- заміною зношеного і застарілого обладнання;
- заміною елементів, що зруйновані корозією, і використанням найбільш міцних і стійких матеріалів;
- застосуванням сучасних методів очищення стічних вод та оброблення осаду, а також технологій будівництва;
- захистом персоналу і довкілля від шкідливих викидів газів шляхом їх очищення (знищення).

Під час проектування ремонтно-відновлювальних робіт необхідно враховувати вимоги нормативних документів, забезпечуючи:

- міцність і стійкість – ДБН В.1.2-6;
- пожежну безпеку – ДБН В.1.1-7 та ДБН В.1.2-7;
- захист довкілля – ДБН А.2.2-1 та ДБН В.1.2-8;
- захисту від шуму – ДБН В.1.2-10;
- економію енергії – ДБН В.1.2-11.



Рис. 2. Аварія на каналізаційному тунелі по вул. Грековський (м. Харків, лютий 2018 р.):
а – просідання ґрунту в місці пошкодження каналізаційного тунелю; **б** – обрушення будівлі; **в** – тимчасове відведення стічних вод; **г** – перекачування витоків за допомогою насосних агрегатів

Слід передбачати відповідні санітарно-гігієнічні умови та безпеку роботи персоналу відповідно до ДБН А.3.2-2, ДБН В.1.2-8; ДБН В.2.2-28 при будівництві, експлуатації та виконанні ремонтних робіт.

Надійність функціонування системи каналізації визначається безперервністю прийняття розрахункової кількості стічних вод, забезпеченням ступеня їх очищення і умовами скидання у водні об'єкти в нормальних і екстремальних умовах, пов'язаних із перебоями в енергопостачанні, під час аварій, при виконанні ремонтних робіт та у разі природних і техногенних надзвичайних ситуацій тощо. При визначенні надійності системи каналізації та окремих її елементів необхідно враховувати технологічні, санітарно-гігієнічні та водоохоронні вимоги. Термін експлуатації каналізаційних споруд визначається згідно з ДБН В.1.2-14.

Для випадків, коли не має можливості зупинити роботу системи каналізації або окремих її елементів, повинні бути передбачені заходи, що забезпечують безперебійність їх роботи, це:

- надійність електропостачання (використання двох незалежних джерел електропостачання, резервної електростанції, акумуляторних батарей та ін.);
- дублювання комунікацій, проектування перемикань, перепусків, обвідних ліній тощо;
- проектування аварійних ємностей з подальшим їх випорожненням при роботі в нормальному режимі;
- секціонування паралельно працюючих споруд з числом секцій, які будуть забезпечувати необхідну продуктивність без зниження ефективності очищення стічних вод при відключенні однієї секції для проведення ремонтних або аварійних робіт;

- необхідне резервування робочого обладнання;
- прогнозування можливих аварійних ситуацій і проектування заходів щодо попередження аварій.

Слід зазначити, що вимоги до якості виконуваних ремонтно-відновлювальних робіт складаються з внутрішнього і зовнішнього контролю на всіх етапах їх виконання. Тому до початку виконання ремонтно-відновлювальних робіт необхідно зібрати інформацію про властивості трубопроводу або тунелю, в тому числі його механічні характеристики, це: густина; несуча здатність; стійкість до впливу фізичних, хімічних, хіміко-біологічних і біологічних впливів; температуро- та вогнестійкість; стійкість до впливів атмосферного середовища; умови обробки і укладання; норми, рекомендації, основні положення з будівельних робіт та випробувань, контроль якості, свідоцтва за результатами випробувань і перевірок.

На цьому етапі можуть розглядатися наступні види дефектів каналізаційних трубопроводів і тунелів: втрата герметичності з інфільтрацією ґрунтових вод або без неї, наприклад, крізь стики в трубах, щілини і стики будівельних конструкцій або споруд, крізь стінки і перегородки на ділянках підключення підведень і переходів; порожні простори в зоні трубопроводу; розм'якшення основи, наприклад, порушення форми поперечного перерізу, зміщення; механічне зношення, наприклад стирання; корозія (внутрішня і зовнішня); деформації; тріщини, наприклад, поздовжні, поперечні або такі, що виникають з однієї точки; утворення сколів; порушення цілісності труб (відсутність елементів стінок труб); обвалення.

До початку виконання робіт необхідно також мати дані за такими параметрами трубопроводу: матеріал; стан стінок та форма перетину труби; мінімальні і максимальні розміри; вигини і відхилення; довжина конструкції, споруди; бічні підводи; тип ґрунту і рівень ґрунтових вод; умови основи при укладанні; напірний або самоплинний трубопровід.

Істотне значення мають дані щодо умов експлуатації – вид, склад і можливість витоку стічних вод, їх температура і атмосфера в колекторі.

Як правило, при прийнятті рішень щодо ремонту та відновлення каналізаційного трубопроводу або тунелю необхідно брати до уваги його ділянку загалом, тобто відстань між шахтами. З огляду на цю відстань, яка, наприклад, на каналізаційних тунелях Харкова іноді досягає понад 1 км, створити цілісну картину стану ділянки мережі в деяких випадках не представляється можливим, тому в такому разі розглядаються лише окремі ділянки без прилеглих трубопроводів.

Як свідчить досвід [1, 3, 8, 9], всі види виконуваних ремонтно-відновлювальних робіт мають як переваги, так і недоліки. Наразі не існує універсального методу, який би був цілком прийнятний з технічної, екологічної та економічної точки зору, з урахуванням реальної картини руйнувань, їх масштабу і причин, а також численних умов, пов'язаних з особливостями експлуатації трубопроводу або тунелю. Тому, при проведенні проектних робіт важливим є вибір індивідуального методу, що відповідає завданням ремонтно-відновлювальних робіт або ж комбінації таких методів.

Ознаками якості є придатність специфіки того чи іншого методу ремонтно-відновлювальних робіт, методу санації шляхом проведення випробувань за допомогою симуляції умов експлуатації з урахуванням старих розмірів перетинів труб і їх матеріалу. Сюди перш за все відноситься дотримання механічних показників, міцності і водонепроникності, а також експлуатаційних вимог, таких як, наприклад, стійкість до впливу речовин у складі стічних вод і очищення способом промивання під високим тиском.

Якісне функціонування каналізаційних трубопроводів і тунелів після ремонту визначається шляхом компетентного планування, виконання робіт і випробувань. Це вимагає професійної компетенції всіх учасників проекту. Зважаючи на наявність безлічі різних методів ремонту, до проектувальників пред'являються підвищені вимоги щодо вибору одного з максимально відповідних методів санації, який задовольняє поставленим завданням з урахуванням технічних, економічних і екологічних критеріїв [7].

Кваліфікований інженер-проектувальник, який займається питаннями санації систем водовідведення, повинен мати спеціальні знання і досвід із: складання плану обстеження і оцінки результатів інспекції та особливо причин виявлених пошкоджень і їх наслідків; гідравлічного

розрахунку трубопроводу або тунелю; екологічної експертизи; вибору методу ремонтно-відновлювальних робіт або сукупності методів з урахуванням технічних, економічних і екологічних вимог.

В останні роки особливої актуальності набули практичні питання експлуатації (обслуговування) і санації каналізаційних трубопроводів і тунелів. Однією з причин цього стали дедалі частіші аварії на каналізаційних тунелях глибокого закладення в містах України [3, 6, 8, 9, 17].

Необхідно відзначити, що протягом багатьох років питаннями проектування, обслуговування та ремонту мереж водовідведення займалися фахівці, які закінчили сантехнічні факультети будівельних вищих навчальних закладів України. У той же час питання експлуатаційної надійності трубопроводів і особливо тунелів пов'язані з розрахунками міцності конструкцій, які в більшій мірі стосуються інженерів-будівельників. Таким чином, напрошується висновок, що фахівці, які мають відношення до експлуатації та санації систем водовідведення, повинні мати знання з обох напрямків. Вирішення цієї проблеми вбачається у розвитку дистанційних післядипломних форм освіти в будівельних вузах України і в першу чергу в тих, де ведуться наукові дослідження.

[1] *Гончаренко Д.Ф.* Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения: монография. – Харьков: Консум, 2008. – 400 с.

[2] *Гончаренко Д.Ф., Забелин С.А., Олейник Д.Ю.* Исследование скорости разрушения бетона в агрессивных условиях сетей водоотведения // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. – Вип. 3 (77). – С. 98–103.

[3] *Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Булгаков Ю.В., Гармаш А.А.* Методы восстановления разрушенного коллектора в г. Харькове // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2015. – № 2. – С. 2–10.

[4] *Юрченко В.А., Бригада Е.В., Лобкова Е.К., Смирнов А.В.* Повышение долговечности и экологической безопасности бетонных трубопроводов водоотведения // Экология и промышленность. – 2008. – № 4. – С. 49–53 .

[5] *Fisher W.* Abwasserrohre im Vergleich // KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2013. – № 9 (60). – S. 765–772.

[6] Каналізаційні тунелі Харкова: QUO VADIS?: монографія: за загальн. ред. Д.Ф. Гончаренка / *Д.О. Бондаренко, В.В. Булгаков, О.О. Гармаш, Д.Ф. Гончаренко, С.С. Піліграм.* – Харків: Раритети України, 2018. – 232 с.

[7] Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж: монографія: за загальн. ред. О.В. Старкової / *А.І. Алейнікова, В.В. Волков, Д.Ф. Гончаренко, Г.Г. Зубко, О.В. Старкова.* – Харків: Раритети України, 2017. – 320 с.

[8] *Alexei Garmash, Dmitrii Bondarenko, Gennadii Zubko, Dmitrii Goncharenko.* On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv // World Journal of Engineering, 2016. – Vol. 13 Iss: 1, PP. 72–76.

[9] *Goncharenko Dmitrij, Bondarenko Dmitrij, Alexander Ratchkowskij* // Korrespondenz Abwasser Abfall. – Tiefliegende Abwassertunnel in der Stadt Charkow. – Hennef, 2017. – №12. – С. 1062–1066.

[10] *Bassuoni M.T., Nehdi M.L.* Resistance of self-consolidating concrete to sulfuric acid attack with consecutive pH reduction // Cement and Concrete Research, 2007 (37). – S. 1070–1084.

[11] *Юрченко В.А., Бригада Е.В., Архипов О.В.* Кинетика биогенной коррозии бетона в канализационных сетях (химия, микробиология и контроль процесса). – Germany, Lambert Academic Pablising, Saarbrucken, 2013. – 69 s.

[12] *Юрченко В.А., Бригада Е.В., Ефанова В.В.* Защита бетона от биогенной сернокислотной агрессии в сетях водоотведения покрытием барьерного типа VMX-Базальт. Зб. наук. праць XIV Міжн. наук-практ. конф. «Екологічні проблеми водного та повітряного басейнів. Утилізація відходів»/ Під ред. С.В. Размєтаєва. – Харків: УкрВОДГЕО, 2006. – С. 208–215.

[13] *Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Булгаков Ю.В.* Методы защиты подземных коммуникаций от влияния негативных факторов // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. – Вип. 4 (78). – С. 82–86.

[14] *Dietrich Stein, Karsten Körkemeyer.* Anforderungen an die Qualitätssicherung bei Kanalsanierungen // Wasser, Abwasser, 2001. – №14. – S. 34–39.

[15] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Teil 1: Allgemeines und Definitionen (01.96); Teil 2: Anforderungen (09.96); Teil 3: Planung (09.96); Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umwelt-schutzaspekte (Entwurf 08.95); Teil 5: Sanierung (10.95).

[16] ДБН В. 2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд, 2013. – 214 с.

[17] *Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А., Старкова О.В., Бондаренко Д.А.* Эффективный метод ремонта и восстановления канализационных тоннелей // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. – № 3. – С. 33–36.

Надійшла 19.04.2018 р.

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ С РАЗМЕЩЕННЫМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ



Моради Пур Омид
аспирант Киевского национального университета строительства и архитектуры

Многие тысячелетия, осваивая огромные ресурсы Земли, человечество практически не задумывалось о необходимости глобальной экономии тепла и энергии. И только со средины XIX ст. с интенсивным развитием промышленного производства назрела острая необходимость в комплексном пересмотре программы энергообеспечения и экономии электроэнергии. Особенно важно это оказалось для зодчих, которые тогда еще не знали основных принципов функционально-планировочной и объёмно-пространственной организации искусственной среды, удовлетворяющей условия оптимального функционирования необходимого оборудования.

С интенсивным развитием промышленного производства проблемы энергосбережения и энергоэффективности стали очень актуальными. Это вызвано многими объективными факторами: дефицитом энергоресурсов; различным уровнем развития экономик мира; демографическим всплеском в слаборазвитых странах; интенсивным развитием промышленной индустрии и, связанным с этим, огромным уровнем загрязнения окружающей среды; стремительным ухудшением экологической и климатической ситуации во многих регионах планеты; необходимостью скорейшего технического перевооружения большинства существующего оборудования, механизмов и транспортных средств.

Но наибольшее количество тепло- и электроэнергии потребляют архитектурные объекты: промышленные, общественные и жилые здания. Затраты на обогрев помещений сегодня просто огромны. За год по всему миру тратится столько энергии и теплоресурсов на обогрев зданий и сооружений, сколько в XIX ст. расходовали за 30–50 лет, и то – только в холодное время года. Особо энергозатратным в наше время является жильё.

С одной стороны необходимо разработать общедоступную и понятную всем потребителям программу экономии тепло- и электроэнергии, а с другой – сформировать комплексную систему проектирования энергоэффективных зданий с учётом всех технических, региональных, природно-климатических и градостроительных особенностей того или иного региона.

Очень важную роль в этом деле играет т.н. научная составляющая с обязательным обеспечением эффективного перехода от действующих программ и моделей к опытным образцам и к серийному производству необходимого оборудования (генераторов, аккумуляторов и т.п.). Как известно, люди вполне могут использовать возобновляемую энергию солнца, ветра воды и земли. Примером этому может служить опыт некоторых небольших экономически развитых государств, где уже более 10 лет существуют ветровые установки, донные морские генераторы, которые успешно обеспечивают энергией экономики этих стран (Нидерланды, ОАЭ, Дания) и позволяют поставлять энергоресурсы на экспорт в другие регионы, соседние государства.

В наше время уже абсолютно понятно, что будущее за энергосберегающими технологиями. И следовательно соответствующее технологическое оборудование в ближайшее время непременно потребует обеспечения соответствующей архитектурно-пространственной организации проектируемых и реконструируемых зданий.

Объективный анализ зарубежного опыта демонстрирует большое количество типов различных установок по использованию и аккумулированию энергии солнца, ветра, воды и земли. Среди приёмов архитектурно-планировочной организации зданий с энергосберегающим оборудованием можно выделить два основных приёма его размещения:

1) *внутри здания*: встроенные генераторы тепловой энергии; пристроенные специальные печи по сжиганию биотоплива; надстроенные – размещённые на крышах солнечные батареи и другое оборудование;

2) *вне здания*: ветрогенераторы (с ветроустановками, находящиеся вне зданий); аккумуляторы энергии подземных термальных источников и тепла земных недр; гидроэлектро-

© Моради Пур Омид

станции, размещающиеся вблизи рек; донные морские гидрогенераторы, использующие энергию приливов.

Таким образом, архитектурно-планировочная организация напрямую будет зависеть от способов получения электроэнергии и размещения оборудования относительно здания. Встроенное оборудование может потребовать дополнительных помещений внутри здания, поскольку способы получения энергии внутри здания наиболее громоздки и требуют обеспечения непосредственной функциональной связи с внешней средой. Таким может быть просторное универсальное помещение (или блок помещений), которое со временем может изменять свой профиль и способы размещения оборудования из-за возможного появления на рынке новых более прогрессивных и передовых энергоэффективных технологий. Оборудование в пристроенных помещениях наиболее мобильно по сравнению с другими типами, поскольку имеет непосредственную связь с окружающей средой, что обеспечивает подвоз необходимого сырья и вывоз отходов, золы (в случае с биотопливом), а также имеет возможность быстрой замены и модернизации оборудования, проветривания помещения топочной и т.п. Большим достоинством пристраиваемых блоков есть тот факт, что они пристраиваются гораздо позже, чем построено всё основное здание, и проектировщики могут учитывать все особенности ориентации, возможные недостатки основного проектного решения, а также, ориентируясь на более новые в данный момент технологии, оптимизировать окончательное проектное решение. То, что пристраиваемое помещение возводится позже основного здания является также и существенной проблемой для зодчих, поскольку потребует дополнительного времени и усилий на архитектурно-пространственное, стилевое и функционально-планировочное согласование обоих объемов между собой, их архитектурно-композиционную взаимосвязь. Лучшим решением здесь была бы изначальная разработка целостного проектного решения здания с планируемой последующей пристройкой. Пристраиваемое здание не должно выглядеть неестественно, отчужденно, а, наоборот, – всецело поддерживать и гармонизировать сложившийся характер здания, ансамбля застройки. Гармонию в подобную пристройку привнесут, скорее всего, общие композиционные приёмы; архитектурные детали, фронтоны, подобные по геометрии или стилистике элементы фасадов; слуховые окна; башенки над внутренними лестничными клетками, подобные изломы и завершения крыш, общая цветовая гамма и т.п. Негативным примером здесь может служить одиночное утепление фасадов больших городских жилых комплексов, что в результате портит общее проектное решение, нарушает целостность ансамбля, единство фасада здания, искажает первоначальное прочтение и идею художественного образа. То есть, любая достройка и пристройка должны максимально органично соподчиняться основному, ранее построенному объему здания. Поэтому возможность дальнейшей пристройки к зданию обязательно должна предусматриваться первоначальным проектом и не нарушать исходной функционально-планировочной структуры здания, а органично дополнять её.

Надстроенные помещения и отдельные элементы энергоэффективного оборудования являются, пожалуй, наиболее распространённым типом подобных систем в мире. Это системы, которые в большинстве своём улавливают, генерируют и аккумулируют солнечную энергию. Именно поэтому стационарные плоскости с солнечными батареями ориентированы в северном полушарии на юг, а в южном – на север. Большое распространение получают динамичные батареи на сенсорах, которые поворачиваются перпендикулярно солнечным лучам, в зависимости от положения источника энергии над горизонтом и состояния погоды.

В последние годы солнечные батареи были значительно усовершенствованы и получили большое распространение. Они активно размещаются на балконах, лоджиях, террасах, верандах, ориентированных на юг, юго-восток и юго-запад, а также на крышах домов. Разрабатываются варианты конструкций, когда солнечные батареи (СБ) совмещают в себе две основные функции и размещаются в виде оконных жалюзи, защищая от неимоверной жары и одновременно улавливая и накапливая солнечную энергию. Размещение СБ на крыше может предусматривать возможность их монтажа как на наклонной, так и на плоской крыше. Оба варианта имеют определённые сложности, поскольку наличие наклонной крыши еще не гарантирует того, что крыша первоначально запроектирована с необходимым уклоном для эффективного размещения батарей, поэтому и в варианте с наклонными крышами, и в варианте с плоскими кровлями чаще всего необходимо предусматри-

вать дополнительный каркас или систему направляющих элементов, которые обеспечат максимально оптимальный угол наклона СБ. Сегодня очень большой проблемой является отсутствие системной информации об особенностях эксплуатации энергоэффективного и энергосберегающего оборудования, способах его демонтажа и замены, возможностях ремонта или модернизации. В Украине, как и во многих других странах мира, также практически отсутствует необходимая для проектирования подобного оборудования нормативная документация и строительные допуски.

Напротив, во многих государствах специально упрощается законодательство, нормативная база и ослабевает налоговый пресс для организаций, активно внедряющих и развивающих энергоэффективные и энергосберегающие технологии. В США, Японии и странах ЕС разработаны специальные комплексные программы, обеспечивающие льготное налогообложение для предприятий и частных лиц, которые не только не потребляют энергию, а активно производят её и массово продают другим потребителям, тем самым не расходуя нефть, газ и уголь. Так, благодаря массовой установке СБ и ветроустановок в ЕС за последнее десятилетие потребление тепловой и электроэнергии на душу населения сократилось практически на четверть, а производство собственной энергии увеличилось в несколько раз. Еще больший эффект от подобного оборудования наблюдается в тех странах, которые провели системную модернизацию всех технических средств и утеплили фасады своих домов. Особенно это касается северных европейских государств (Дании, Швеции, Бельгии, Великобритании), а также Канады и Японии, где вопрос сезонного потребления тепла стоит особенно остро. С вводом системы массового использования ветровых установок и солнечных батарей такие страны, как Дания, Ирландия и Голландия полностью перекрывают потребности в электроэнергии собственного государства и активно поставляют её на экспорт.

Современные средства, методы и технологии энергосбережения не могут удовлетворить всё возрастающие потребности в безопасном получении большого количества электричества, тепла и других видов энергии. В связи с существующим переходным периодом, когда ученые-энергетики только формируют комплексную программу адаптации научных открытий в этой отрасли к их практическому применению, архитекторы уже давно подключаются к решению глобальных вопросов архитектурно-планировочной организации зданий, сооружений и их комплексов, связанных с этой отраслью. В какую архитектуру будут «одеты» новые технологии и какими вообще они будут в ближайшие 20–30 лет – это, пожалуй, один из глобальных вопросов современной науки. Действительно, мы еще досконально не знаем какие открытия в этом направлении могут быть совершены завтра и как они повлияют на формирование архитектуры в ближайшем будущем.

От эффективности выполнения энергетической программы любой страны мира зависит её благосостояние. Например, в ОАЭ создали комплексную государственную программу, которая превращает безбедное сегодняшнее состояние граждан страны, основанное на добыче нефти, в безбедное существование нации через 20–50 лет, когда будет получен эффект от вложенных сейчас средств в развитие энергетического комплекса государства.

Остаётся открытым вопрос какой должна быть архитектура, обеспечивающая эффективное использование энергосберегающих технологий? И ответ на этот вопрос лежит в плоскости раскрытия функционально-технологических процессов энергоэффективных и энергосберегающих технологий. Подобная технология, продиктованная специалистами-энергетиками, послужит своеобразной стартовой площадкой для архитекторов при разработке объёмно-пространственных решений зданий и сооружений, оснащенных специальным технологическим оборудованием. Уже сегодня существуют такие системы оснащения жилья, как «умный дом», «тёплый дом». Посредством мобильной связи, находясь в самолёте, можно подготовить свой дом, активировав систему отопления и подключить теплообеспечение отдельных комнат, включить холодильник, выключить систему охраны и видеонаблюдения, наполнить джакузи тёплой водой и включить подогрев пола. Современные эффективные сенсорные системы способны реагировать на состояние погоды и активировать солнечные батареи. В мире существует очень много примеров динамичной архитектуры, когда в структуре покрытия здания есть соответствующие сенсоры, отдающие информацию о состоянии погоды на главный компьютер, и солнечные батареи, находящиеся на кровле, при помощи компьютерной программы поворачиваются под нужным углом

к солнцу как источнику света и энергии. Таким образом, динамичная архитектура способна изменять свою структуру и становится активным участником формирования окружающего пространства. Кроме того, в зодчестве с 80-х годов XX ст. существуют примеры архитектурных решений, когда компьютер, получив соответствующую информацию от внешних сенсоров, «отдаёт приказ» активировать покрытия здания, и кровля поворачивается в зависимости от состояния погоды. Подобным образом покрытие над стадионом в Мюнхене (Германия) защищает зрителей от осадков в случае непогоды.

В мире существует очень много примеров архитектуры, динамично изменяющей свою форму в зависимости от природно-климатических условий или погоды. Основным здесь является изменение характера наклона покрытия (кровли) в зависимости от условий окружающей среды, но современная архитектура в состоянии предоставить и ряд других технологических новшеств.

Очень важным является вопрос о том, какие факторы будут влиять на формирование архитектуры будущего, основанной на энергоэффективных и энергосберегающих технологиях. Анализ передового зарубежного опыта показывает, что сформировался довольно традиционный блок основных и дополнительных факторов, стабильно оказывающих влияние на архитектурно-планировочную организацию жилых и общественных зданий, минимально потребляющих тепло и электроэнергию от коммунальных или городских источников.

К основным факторам можно отнести следующие: природно-климатические, градостроительные, социально-экономические, научно-технические, функционально-технологические, экологические. Все они в равной мере оказывают влияние на создание новой архитектуры или реконструкцию существующих зданий с новым встроенным в них энергоэффективным оборудованием. Кроме того, на окончательное архитектурное решение влияют некоторые дополнительные условия: избранная конструктивная схема; наличие местных строительных материалов и проектно-строительной базы.

Строительство зданий и сооружений с энергосберегающими и энергоэффективными технологиями (а также их комплексов) может осуществляться в условиях: реконструкции, полной реконструкции здания, реконструкции с модернизацией, нового строительства (или реконструкции) с пристройкой, надстройкой или достройкой. Все эти варианты безусловно повлекут за собой необходимость согласования существующей архитектуры с архитектурой нового проектируемого здания или целого комплекса.

Все типы зданий, которые в будущем необходимо будет обеспечить энергосберегающим специальным оборудованием, по архитектурно-планировочному решению можно условно разделить на пять групп: точечные, линейные, открытые (полуоткрытые), периметральные («каре») и закрытые (атриумные) схемы. Схема плана и объемно-пространственное решение могут способствовать рациональному и оптимальному размещению энергогенераторов, ветровых установок, солнечных батарей и другого оборудования в самом здании и неподалеку от него. Конфигурация плана здания, его компактность, количество этажей, ориентация помещений относительно сторон света, общее объемно-пространственное решение будут оказывать огромное влияние на выбор типа, мощности и особенностей размещения специализированного энергосберегающего и энергоэффективного оборудования. Такое оборудование может находиться в самом здании, в непосредственной близости от него и на довольно значительном удалении. В последнем случае энергия может генерироваться, аккумулироваться и передаваться на значительные расстояния к местам интенсивного потребления.

Генерированная энергия является товаром и пользуется на рынке огромным спросом. Современные нанотехнологии и последние открытия в области энергосбережения позволяют сегодня практически любому предприятию или частному лицу производить и аккумулировать энергию, достаточную не только для собственного потребления, но и для её продажи. Спрос на энергию и тепло растёт с каждым годом и поэтому увеличивается число производящих их предприятий.

Одним из важнейших факторов в формировании программы и комплекса мер по обеспечению энергетической безопасности любой страны являются природно-климатические условия этого региона. В каждой отдельно взятой стране есть несколько природно-климатических поясов (или хотя бы их подзон), резко отличающихся друг от друга по характеру преобладающих погодных условий и особенностям местного климата. Например, в одном из городов, размещенных на севере государства, необходимо отапли-

вать здания практически шесть месяцев в году, а в таком же по количеству жителей городе на юге, наоборот, большую часть года есть острая потребность в постоянном кондиционировании воздуха. Совершенно понятно, что в архитектурно-пространственном отношении эти проектируемые здания должны иметь разные планировочные решения: в холодной зоне здания должны быть компактными, мобильными, экономящими энергию и не допускающими больших потерь тепла (тёплые стены, чердак и пол); в зоне с жарким сухим климатом здания должны иметь развитую планировку (линейную, периметральную, замкнутую с внутренним двориком, шахматную), чтобы улавливать всевозможные потоки ветра и перенаправлять их с целью максимального проветривания помещений. Кроме того, развитая планировка отдельных зданий или их комплексов, построенных в зонах с жарким климатом, позволяет организовать затенённые (в разное время суток) места, эффективную систему солнцезащиты и рационально разместить на стенах и крышах домов энергогенерирующие устройства, солнечные батареи и т.п.

В приморских зонах с активными ветровыми потоками на протяжении всего календарного года эффективными будут размещение и систематическое использование современных ветровых генераторов, находящихся на некотором расстоянии от зданий, но аккумулирующих и передающих полученную энергию ветра для обеспечения светом ближайших жилых микрорайонов, общественных центров, коммунальных предприятий.

Страны с большими по площади территориями располагаются, как правило, сразу в нескольких природно-климатических зонах, но энергогенерирующее оборудование может размещаться во всех без исключения регионах этих государств. Просто различие будет заключаться в типе, мощности и способе размещения энергоэффективного оборудования относительно самого здания или градостроительного комплекса.

Современный Иран – одно из крупнейших, динамично развивающихся государств мира. Его население составляет более 80 млн. чел., а территория располагается одновременно в нескольких природно-климатических зонах: с умеренно континентальным климатом, жарким, влажным, жарким сухим, тёплым, холодным сухим и холодным влажным климатом. Особенности этой климатической зависимости проявляются по-разному. Так, в столице страны Тегеране, размещенной в горном регионе на северо-западе страны, зимой возможна довольно холодная погода с выпадением снега и обильными осадками весной, а на юго-востоке существует довольно большая пустыня, где за целый год вообще не выпадает осадков, преобладают сильные ветра с песчаными бурями и суховеями. Люди здесь практически не селятся, но даже эта зона вполне может послужить своеобразным полигоном для размещения энергогенерирующего оборудования. В подобных местах, где земля стоит недорого, очень удобно проводить научно-исследовательские эксперименты, а также реализовать основные положения международных программ по энергосбережению и передачи энергии на большие расстояния.

[1] *Беляев В.С.* Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий / В.С. Беляев, Л.П. Хохлова. – М., Высш. шк, 1991. – 255 с.

[2] *Казаков Г.В.* Принципы совершенствования гелиоархитектуры/ Г.В. Казаков. – Львов: «Свит», 1990. – 152 с.

[3] *Леру Р.* Экология человека – наука о жилищном строительстве/ Р. Леру. – М: Стройиздат, 1970. – 263 с.

[4] *Оболенский Н.В.* Архитектура и солнце / Н.В. Оболенский. – М.: Стройиздат, 1988 – 207 с.: ил. Ноосфера, 1999. – 81 с.

[5] Проектирование заглубленных жилищ: пер. с англ. / Р. Стерлинг, Дж. Кармоди, Т. Эллисон – М.: Стройиздат, 1983. – 192 с.

[6] *Табунщиков Ю.А.* Энергоэффективные здания/ Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач – М.: Авок-пресс, 2003. – 200 с.

[7] Энергоактивные здания / *Н.П. Селиванов, А.И. Мелуа, С.В. Зоколей* и др.; под ред. Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова – М : Стройиздат, 1988. – 376 с.: ил.

[8] *Эрат Б.* Индивидуальные теплицы в современном жилище / Б. Эрат, Дж. Вулстон – М: Стройиздат, 1987. – 191 с.

[9] Energy efficient building. – Dublin, Owen Lewis and John Goulding, 1994. – 302 p.

[10] *Marek Adam Woloszyn.* Wykorzystanie energii slonecznej w budownictvie jednorodzinnym. – Warsawa, Centralny osrodek informacii budownictwa, 1991.

[11] *Schmid J., Gilliger F.* Bauen im Glichgewicht. – Wien, Uranus, 1999. – 161 p.

Надійшла 24.03.2017 р.

ЛЕГКОПЛАВКІ ПОЛІМІНЕРАЛЬНІ ГЛИНИ КИЇВЩИНИ – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЧЕРЕПИЦІ



Л.М. Спасьонова
доцент кафедри хімічної технології кераміки КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.х.н., доцент



І.С. Суббота
доцент кафедри хімічної технології кераміки КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н., доцент



Т.І. Булка
асистентка кафедри хімічної технології кераміки КПІ ім. Ігоря Сікорського



О.К. Нагорна
студентка кафедри хімічної технології кераміки КПІ ім. Ігоря Сікорського

Досліджені глинисті мінерали Київської області дають підстави розглядати їх як раціональну сировину для виробництва будівельної кераміки. У попередній статті [1] досліджено спондилову полімінеральну глинисту сировину Ірпінського родовища, у складі якої превалюють гідрослюда, каолініт, хлорит. На основі проведених досліджень було зроблено висновки, що гідрослюдисто-каолінітовий глинистий мінерал за пластичністю відноситься до групи середньопластичних, за вогнетривкістю – до легкоплавкої сировини, а також і те, що дана спондилова глина відноситься до дисперсної групи сировини з середнім вмістом крупнозернистих включень і відповідає групі кислих глин.

Виробництво і використання керамічних матеріалів є одним із основних будівельних трендів Європи протягом останніх століть, адже керамічні будівельні матеріали екологічно безпечні, повсюдно забезпечені доступною сировиною і їх виготовлення не потребує великих економічних витрат.

Проте не тільки продукція повинна бути екологічно чистою, а й саме виробництво має бути дружнім до довкілля та обов'язково включати рекультивацію та відтворення використаних земель. Саме тому екологічне виробництво будівельних матеріалів є надзвичайно актуальним і перспективним для України.

Розумне поєднання традиційного матеріалу і сучасних технологій дає лише позитивний результат. Завдяки сучасним технологіям ці керамічні традиційні матеріали можуть бути і конкурентоспроможними, і вишуканими.

Більшість керамічних заводів України використовують для виробництва стінових виробів та черепиці дешеву полімінеральну глинисту сировину, яка залягає безпосередньо в зоні розташування виробництва. Нами було проведено комплексне дослідження глинистого природного мінералу Ірпінського родовища для використання в технології виробництва керамічної черепиці високої якості. Даного висновку можна дійти на основі вивчення структуроутворення, спікання та властивостей отриманих готових керамічних виробів.

Об'єктом дослідження були фізико-хімічні процеси формування структури і властивостей, інтенсифікація спікання керамічних мас шляхом регулювання хіміко-мінералогічного складу. Для вирішення поставлених завдань застосовували сучасні фізико-хімічні і фізико-технологічні методи дослідження сировинних матеріалів і мас на їх основі, що дало можливість оцінити особливості структуроутворення керамічних матеріалів, а також комплекс керамікотехнологічних методів дослідження – експлуатаційні властивості готових виробів. Усі використані в дослідженні методики відповідають Державним стандартам України.

З метою визначення придатності даної сировини для виготовлення керамічної черепиці були проведені систематичні дослідження з розробки складів мас, а також основних характеристик готової продукції за стандартними методиками [2, 3, 4].

Для виготовлення керамічної черепиці використовуються виключно легкоплавкі глини. Вони жирніші і пластичніші, тому дозволяють створювати черепицю ідеальної форми і міцності. Різноманіття колірних відтінків керамічного покрівельного покриття досягається завдяки нанесенню спеціальних матеріалів, а саме: ангоба і глазурі безпосередньо в процесі випалення черепиці.

Ангоб – це змішана з водою глина з додаванням різних мінеральних речовин, що надають їй відповідного тону. За допомогою розпилювача ангоб наносять на поверхню керамічної черепиці, після чого її випалюють за температури близько 1000 °С. Особливість ангобованої черепиці полягає ще і в тому, що вона не змінює з часом свого кольору. Така черепиця краще всього підходить для експлуатації в кліматичних умовах України. Оскільки кольорове покриття на керамочерепиці теж складається з глини, коефіцієнти розширення і звуження черепиці і ангоба співпадають. Як результат, ангобоване покриття при температурних коливаннях не розтріскується і керамочерепиця служитиме довше.

Щодо глазурованої черепиці, то *глазур* являє собою склоподібне покриття, яке надає черепиці блиску. Колірне наповнення глазурі залежить від іонного складу перехідних металів, що включені до розплаву глазурі. Основною перевагою глазурованої черепиці є те, що під час кожного дощу відбувається промивання блискучої глазурованої поверхні даху. Окрім цього, глазур є додатковим захистом від вбирання вологи порами кераміки.

Основні переваги керамічної черепиці: стійкість до зовнішніх атмосферних впливів, морозостійкість, висока механічна міцність, пожежобезпечність, високий ступінь звукопоглинання та значний термін служби.

Як свідчать отримані результати досліджень ірпінської глинистої сировини, максимальна механічна міцність зразків спостерігається в інтервалі температур 900–1000 °С. При розробленні складів мас для виробництва черепиці як корегуючу добавку використовували каолініт-гідрослюдисту глину Часово Ярського родовища, хоча можна використовувати будь-яку добре досліджену глину. В якості опіснювачів використовували шамот і пісок. Пісок було досліджено на зерновий склад, який становив за залишком на ситах з різним розміром отворів, %: 1,25 – 0,2; 0,65 – 1,0; 0,3 – 14,0 і на ситі з розміром отворів 0,15 – 72.

При розробленні черепичних мас необхідно враховувати особливості черепиці, її рельєфність, різну товщину виробу і чутливість до сушіння. Всі ці характеристики впливають на тріщинуватість і схильність до деформації.

Полімінеральна глиниста сировина Ірпінського родовища високочутлива до сушіння, тому для покращення сушильних властивостей сировини необхідно додавати відповідні добавки. З метою розроблення найбільш технологічних композицій досліджено різні склади глинистої сировини, піску та шамоту (табл. 1). Також було досліджено формувальну вологість, чутливість до сушіння та чутливість до сушіння після вилежування запропонованих складів шихти, результати досліджень наведені в таблиці 2.

Встановлено, що збільшення кількості опіснювача в шихті зменшує чутливість мас до сушіння. Навіть збільшення його кількості в масі (наприклад, піску до 50 %) не переводить шихту з групи високочутливої сировини до середньочутливої.

Таблиця 1

Маркування зразків та їх склади

Шифр зразка	Глиниста сировина Ірпінського родовища	Каолініт-гідрослюдиста глина Часово Ярського родовища	Пісок	Шамот
3_1	100	–	–	–
3_2	90	–	10	–
3_3	80	–	20	–
3_4	70	–	30	–
3_5	50	–	50	–
3_6	85	15	–	–
3_7	70	30	–	–
3_8	90	–	–	10
3_9	75	15	10	–
3_10	75	15	–	10
3_11	60	20	20	–
3_12	50	30	20	–
3_13	40	20	40	–

Спосіб вилежування був запропонований до дослідження з метою зниження чутливості сировини до сушіння. Зразки черепичної шихти

вилежувалися від 6 до 8 діб. Як видно з таблиці 2, тріщиностійкість мас після вилежування зростає і склади З_5 та З_9 – З_13 переходять за чутливістю до сушіння до групи середньочутливих. Таким чином, можна дійти висновку, що використання корегуючих добавок каолініт-гідрослюдистої глини 15–30 % і піску 10–50 %, а також вилежування до 8 діб дозволяє вибрати склади мас із задовільними сушильними властивостями.

Таблиця 2

Формувальна вологість та чутливість до сушіння дослідних зразків

Шифр зразка	Формувальна вологість, %	Чутливість до сушіння, с	Чутливість до сушіння після вилежування, с
З_1	23,5	42	–
З_2	19,1	48	–
З_3	18,5	57	82
З_4	18,1	76	90
З_5	16,1	87	127
З_6	21,0	46	–
З_7	21,4	52	–
З_8	19,6	48	–
З_9	18,3	70	116
З_10	17,0	65	–
З_11	18,2	68	–
З_12	16,8	83	132
З_13	16,4	88	154

Порівняльний аналіз впливу піску і шамоту на чутливість до сушіння показав, що як шамот, так і пісок знижують чутливість до сушіння і, таким чином, подібно впливають на тріщиностійкість черепиці.

Важливим показником у процесі теплової обробки є усадка зразків (табл. 3). Повітряна усадка самої глинистої сировини Ірпінського родовища складає біля 12 %. Незначне зменшення усадки спостерігається для зразків з додаванням каолініт-гідрослюдистої глини Часово Ярського родовища, значне зниження повітряної усадки досягається з додаванням піску: 20–50 % піску знижує повітряну усадку відповідно до 9,4–6,0 %.

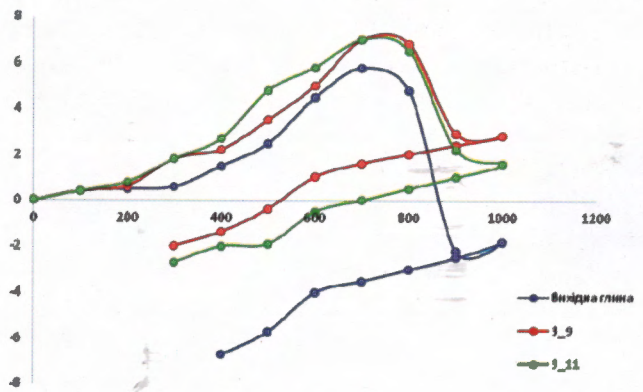
Загальна усадка збільшується з підвищенням температури випалу незначно, крім шихт з великим вмістом піску низькі показники загальної усадки властиві зразкам шихти З_9, З_11 та З_12, що містять відповідно 15–30 % каолініт-гідрослюдистої глини і 10–20 % піску.

Результати визначення зміни лінійних розмірів отриманих зразків черепиці на основі глинистої сировини Ірпінського родовища, а також експериментальних складів наведено на рисунку. На кривій нагрівання глинистої сировини спостерігається незначне розширення зразка, при підвищенні температури до 700 °С – інтенсивне збільшення його лінійних розмірів, яке припиняється за температури 750 °С, після чого починається спікання, що супроводжується усадкою. На ділянці кривої охолодження фіксується незначний кварцовий ефект. Введення до шихт каолініт-гідрослюдистої глини і піску не змінює характер змін лінійних розмірів зразків. Дані досліджень зміни лінійних розмірів використані при розробленні технологічних режимів термооброблення керамічної черепиці.

Таблиця 3

Повітряна та загальна усадка зразків

Шифр зразка	Повітряна усадка, %	Загальна усадка, %	
		за температури випалу 950 °С	за температури випалу 1000 °С
З_1	11,9	12,2	12,6
З_2	9,8	10,1	10,2
З_3	9,4	9,7	9,9
З_4	8,4	8,7	8,8
З_5	6,0	7,0	7,3
З_6	10,2	10,6	10,9
З_7	10,1	10,5	10,8
З_8	9,3	10,1	10,5
З_9	9,7	10,2	10,3
З_10	8,8	9,9	10,1
З_11	9,0	9,3	9,4
З_12	7,5	7,6	7,9
З_13	6,4	6,8	7,1



Графік зміни лінійних розмірів зразків глинистої сировини Ірпінського родовища в процесі випалення

Також було досліджено межі міцності зразків при стисненні та на вигин, зі збільшенням температури випалу вони збільшуються (табл. 4).

Таблиця 4

Межі міцності зразків при стисненні та на вигин при різних температурах випалу

Шифр зразка	Межа міцності, МПа			
	при стисненні за температури випалу		на вигин за температури випалу	
	950 °С	1000 °С	950 °С	1000 °С
3_1	33,2	34,4	4,0	4,2
3_2	35,2	37,90	3,4	3,8
3_3	31,0	32,4	3,0	3,5
3_4	19,6	19,8	1,8	2,0
3_5	15,0	15,6	1,2	1,4
3_6	40,0	41,2	3,6	4,0
3_7	47,6	49,0	2,6	3,0
3_8	29,8	32,2	3,4	3,6
3_9	38,9	39,6	3,5	3,8
3_10	34,5	35,0	3,0	3,0
3_11	31,0	34,6	3,0	3,2
3_12	35,9	39,2	2,6	3,0
3_13	22,6	23,3	1,4	1,4

При оцінюванні властивостей керамічних мас, що придатні для виготовлення черепиці, найважливішими показниками є водопоглинання та водопроникність. Результати цих досліджень наведені в таблиці 5.

Як видно з отриманих результатів, зі збільшенням температури випалу водопоглинання зменшується через зменшення відкритих пор. Для всіх шихт водопоглинання змінюється в вузьких межах, при цьому максимальне водопоглинання мають склади, що містять велику кількість опіснювача.

За отриманими результатами зразки черепиці на основі глинистої сировини Ірпінського родовища та каолініт-гідрослюдистої глини водонепроникні. Черепиця, в шихті якої більше 30 % піску, водопроникна за температури 950 °С і 1000 °С. Склад цієї шихти унеможливлює використання її у виробництві даного виду керамічного будівельного матеріалу. Шихти 3_9, 3_11 та 3_12 забезпечують водонепроникність зразків при вмісті піску до 20 %.

Таблиця 5

Водопоглинання та водопроникність зразків при 950 °С та 1000 °С випалу

Шифр зразка	Температура випалу			
	950 °С		1000 °С	
	Водопоглинання, %	Водопроникність	Водопоглинання, %	Водопроникність
3_1	10,6	водонепрон.	10,4	водонепрон.
3_2	10,7	водонепрон.	10,4	водонепрон.
3_3	11,4	водонепрон.	11,2	водонепрон.
3_4	11,8	водопрон.	11,6	водопрон.
3_5	11,7	водопрон.	11,6	водопрон.
3_6	10,8	водонепрон.	10,6	водонепрон.
3_7	9,5	водонепрон.	9,1	водонепрон.
3_8	11,5	–	11,3	–
3_9	10,5	водонепрон.	10,4	водонепрон.
3_10	11,2	–	10,9	–
3_11	11,4	водонепрон.	10,8	водонепрон.
3_12	11,2	водонепрон.	10,9	водонепрон.
3_13	11,6	водопрон.	11,2	водопрон.

Таким чином, можна дійти наступних висновків: керамічні будівельні матеріали є екологічно безпечними, повсюдно забезпечені доступною сировиною, їх виготовлення не потребує великих економічних витрат і широко використовується в будівництві. Аналіз керамікотехнологічних та фізико-механічних властивостей зразків на основі досліджених шихтових композицій дозволяє визначити співвідношення компонентів, що забезпечує отримання якісної черепиці зі складом: глинистої сировини Ірпінського родовища – 50–75 %, каолініт-гідрослюдистої глини – 10–20 % та піску – 10–20 %. Міцність керамічної черепиці даного складу відповідає сучасним вимогам. Для запропонованої до виготовлення черепиці на основі глинистої сировини Ірпінського родовища та каолініт-гідрослюдистої глини водопоглинання мінімальне, зразки черепиці водонепроникні.

[1] *Суббота І.С., Спасьонова Л.М., Булка Т.І., Нагорна О.К.* Використання місцевих легкоплавких глин України у виробництві будівельної кераміки//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2018. – № 2. – С. 41–43.

[2] Практикум по технологии керамики: Учебн. пособие для вузов /*Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, М.А. Мальков, Ю.А. Мосин, Б.С. Скидан*/ Под ред. проф. И.Я. Тузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. – 336 с.

[3] *Якімчук Т.В.* Математичне моделювання складів мас для виробництва керамічної клінкерної цегли на основі глин Київської області / *Т.В. Якімчук, І.В. Огороднік, О.М. Доній, Н.Д. Дмитренко* // Будівельні матеріали та вироби. – 2008. – № 1. – С. 23–27.

[4] ГОСТ 2642.2-86 – ГОСТ 2642-II-86. Сырье глинистое. Методы анализа.

Надійшла 19.04.2018 р.

ІНФРАЧЕРВОНА СПЕКТРОСКОПІЯ НЕГІДРАТОВАНИХ ТА ГІДРАТОВАНИХ ОДИН РІК C_2S І C_3S ТА ТРЬОХ ВИДІВ ЦЕМЕНТІВ



І.І. Ніконець
Національна академія сухопутних військ імені П. Сагайдачного, НДЛ аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій, к.т.н.



І.М. Мартинюк
Національна академія сухопутних військ імені П. Сагайдачного, НДЛ аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій, к.б.н.



Є.М. Шматов
Національна академія сухопутних військ імені П. Сагайдачного, НДЛ аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій



О.М. Стадійчук
Національна академія сухопутних військ імені П. Сагайдачного, НДЛ аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій, к.х.н.

Інфрачервона спектроскопія вихідних матеріалів. Для досліджень використовували три види цементів, а саме: алітовий та два види белітових (табл. 1, 2, 3).

Таблиця 1

Хімічний склад цементів

Цемент	В.П.П.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Сума
№1	0,8	21,17	5,56	3	64,7	0,87	2,35	97,68
№2	0,35	23,3	5,7	3,53	59,74	2,65	2,35	97,62
№3	0,5	24,5	5,8	3	58,2	1,38	2,35	95,73

Таблиця 2

Розрахунковий мінералогічний склад цементів

Цемент	Відсотковий уміст мінералів					
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	$CaSO_4$	Сума
№1	60,82	14,73	9,65	9,12	4,0	98,32
№2	24,59	48,25	9,12	10,73	4,0	96,51
№3	9,2	63,18	9,28	9,12	4,0	94,87

Таблиця 3

Стандартні фізико-механічні випробовування цементу

Цемент	Нормальна густина цементу, %	Строки тужавіння		Питома поверхня, $см^2/г$
		початок	кінець	
№1	27,5	2 год 30 хв	4 год 10 хв	2,950
№2	26,3	2 год 30 хв	5 год 10 хв	3,500
№3	24,3	3 год 10 хв	7 год 25 хв	3,600

Інфрачервоні спектри C_2S, C_3S і портландцементів № 1, № 2, № 3 наведені на рис. 1. C_2S і C_3S на ІЧ-спектрах показують широке поглинання в області 700–1200 $см^{-1}$.

ІЧ-спектр C_2S складається з широкої розмитої смуги, розщепленої на чотири частини, при хвильових числах 839, 890, 930 і 990 $см^{-1}$ і чотирьох невеликих смуг при 713, 1175, 1240 і 1307 $см^{-1}$.

ІЧ-спектр C_3S подібний до спектра C_2S. Головна широка розмита смуга так само, як і на спектрі C_2S, розщеплюється на чотири частини. Однак поглинання розщеплених смуг інакше. Збільшилась інтенсивність смуги при 938 $см^{-1}$, а смуги при 990 і 840 $см^{-1}$ мають зникаючу малу інтенсивність.

Зміни в ІЧ-спектрі C_3S порівняно з ІЧ-спектром C_2S зумовлені більшою кількістю іонів Са в C_3S.

Для портландцементних клінкерів різного мінералогічного складу найхарактернішою є ділянка ІЧ-спектра в діапазоні хвильових чисел 700–1200 $см^{-1}$ (див. рис. 1). У цій частині спектр являє собою широку розмиту смугу, розщеплену на декілька частин. Характер цього розщеплення залежить від мінералогічного складу клінкеру. Так, на ІЧ-спектрі клінкеру алітового портландцементу № 1 спостерігаються смуги при 877, 940 і дуже слабо при 840 $см^{-1}$. Смуга при 990 $см^{-1}$ практично зникла. Співвідношення поглинань цих смуг відповідає співвідношенню їх у C_3S. Це зрозуміло, тому що цей цемент містить 60,08 % C_3S. Смуга при 840 $см^{-1}$ розтяг-

нута, має дещо більшу інтенсивність, ніж при ІЧ-спектрі C_3S, і переходить у смугу при 770 $см^{-1}$. У цьому інтервалі знаходяться найсильніші смуги C_3A і C_4AF.

При введенні гіпсу до цементів на ІЧ-спектрах з'являються інтенсивні смуги при 1108 і 1153 $см^{-1}$, які свідчать про одночасне знаходження в цементі двоводного і напівводного гіпсів.

Значний інтерес становлять ІЧ-спектри цементів № 2 і № 3, вміст C_3S в яких зменшився до 24,59 і 9,20 %, а вміст C_2S збільшився відповідно до 48,25 і 63,18 %.

ІЧ-спектри клінкеру і портландцементу № 2 в області 720–1300 $см^{-1}$ (див. рис. 1) відрізняються від ІЧ-спектрів портландцементу № 1 більшою розмитістю. Подібна розмитість ІЧ-спектра клінкеру і негідратованого цементу № 2 пояснюється накладанням один на одного ІЧ-спектрів C_2S і C_3S. Подальше підвищення вмісту C_2S у цементі призводить до збільшення інтенсивності ліній C_2S і зменшення C_3S.

ІЧ-спектри клінкеру і портландцементу № 3 в діапазоні хвильових чисел 800–1100 $см^{-1}$ подібні аналогічній частині спектра C_2S. В останньому частини спектра портландцементів № 2 і № 3 аналогічні ІЧ-спектру портландцементу № 1. Вони також містять лінії C_3A, C_4AF і гіпсу.

ІЧ-спектрам силікатів кальцію та цементам притаманна наявність широкої розщепленої на частини смуги в інтервалі хвильових чисел 800–1150 $см^{-1}$, характерної для SiO_4 тетраедрів.

ІЧ-спектри C_2S і C_3S відрізняються один від одного поглинанням окремих розщеплених смуг.

ІЧ-спектри портландцементів свідчать про наявність в останніх C_3A і C_4AF, а також про заміщення частини SiO_4 на AlO_4.

У діапазоні хвильових чисел 1153–1100 $см^{-1}$ знаходяться сильно розмиті смуги гіпсу.

Проведені дослідження показали також можливість визначення мінералогічного складу цементу за ІЧ-спектром. Для ідентифікації C_2S можуть бути використані смуги при хвильових числах 990 і 840 $см^{-1}$, а для C_3S – 938 і 878 $см^{-1}$.

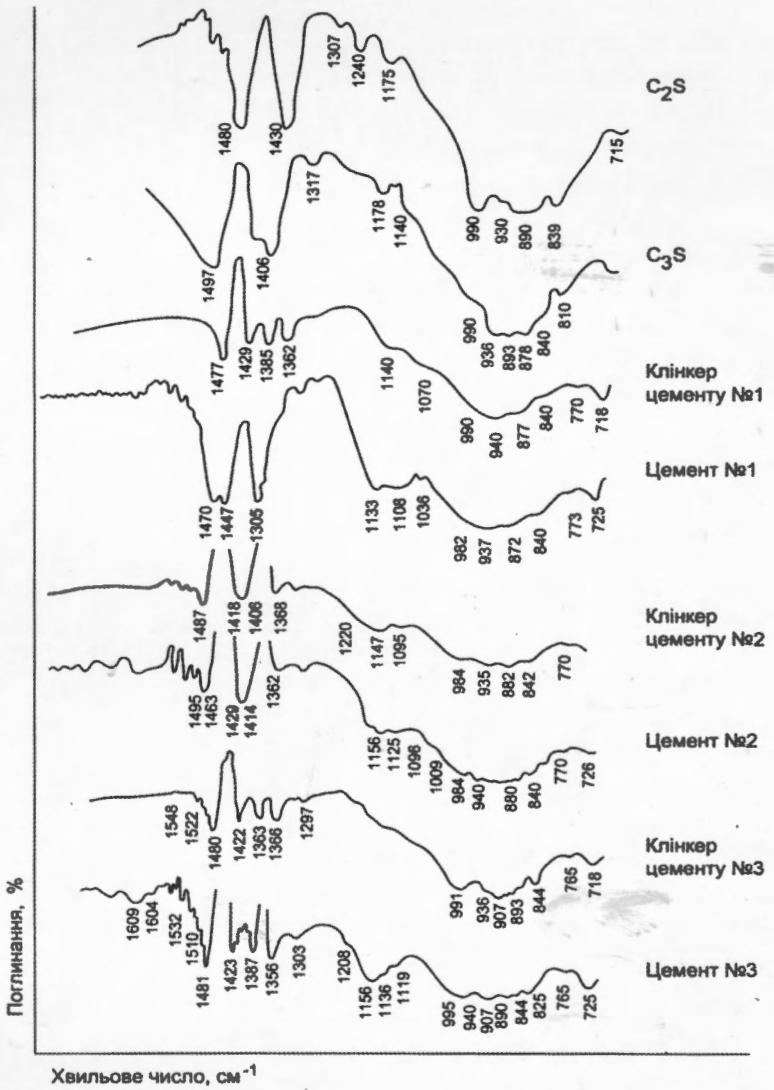


Рис. 1. Інфрачервоні спектри вихідних матеріалів

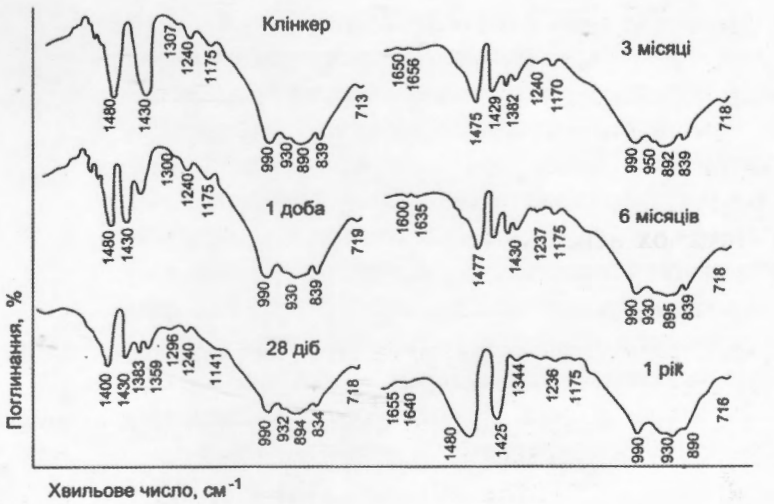


Рис. 2. Інфрачервоні спектри C_2S гідратованого

Інфрачервона спектроскопія C_2S і C_3S, гідратованих до одного року. Основна частина спектра C_2S, гідратованого до одного року (рис. 2), не змінює свого характеру, порівняно з негідратованим C_2S, хіба що відбувається деяке рівномірне зменшення поглинання цієї частини спектра з віком гідратації.

Однак у шестимісячному віці C_2S, прогідратований на 50 %, демонструє зменшення поглинання окремих максимумів смуг валентних коливань SiO_4.

Аналогічним чином зменшується інтенсивність усіх ліній C_2S на рентгенограмах зі зільшенням віку його гідратації. Це можна пояснити зберіганням структури негідратованого мінералу після його гідратації.

ІЧ-спектри C_3S, гідратованого до одного року, зображені на рис. 3.

У процесі гідратації C_3S спостерігається поступова зміна характеру основної силікатної смуги ІЧ-спектра в області високих хвильових чисел, що проявляється в поступовому зміщенні смуги при 938 $см^{-1}$ через шість годин – до 940, через 7 діб – до 950, через один рік – до 970 $см^{-1}$ за умов збереження положення низькохвильової частини.

Зсув смуги в сторону високих хвильових чисел супроводжується значним збільшенням поглинання цієї смуги. У результаті зовнішній вигляд ІЧ-спектра різко змінюється.

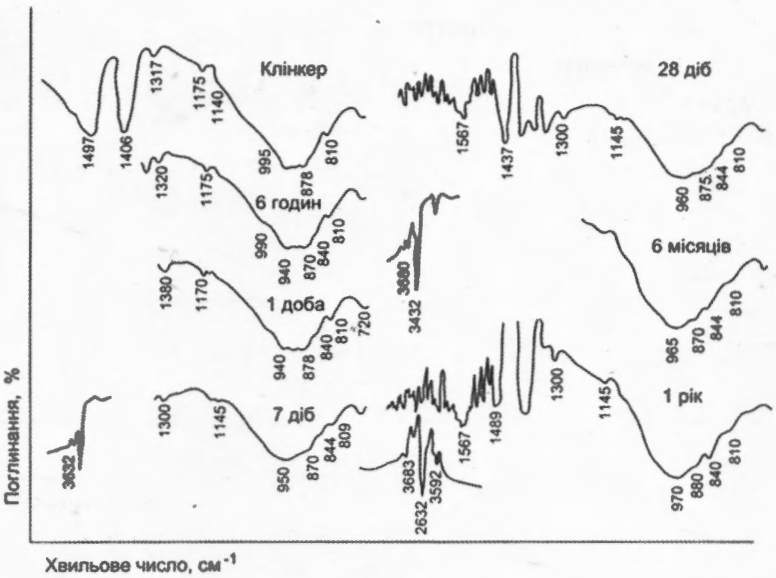


Рис. 3. Інфрачервоні спектри C_3S гідратованого



Рис. 4. Інфрачервоні спектри портландцементу № 1 гідратованого

Ми пояснюємо поступове зміщення смуги 938 $см^{-1}$ до 970 $см^{-1}$ зміною складу продуктів гідратації C_3S з водою впродовж усього періоду твердіння, тобто поступовою зміною основності гідросилікатів кальцію в камені C_3S. Інтенсивність усіх смуг з віком препарату збільшується (див. рис. 3). Смуга при 3630 $см^{-1}$ свідчить про наявність гідрооксиду кальцію. Інших смуг в інфрачервоному спектрі гідрооксид кальцію не має.

Таким чином, ІЧ-спектроскопія дає змогу говорити про одночасну наявність у камені C_3S гідрооксиду кальцію і гідросилікатів кальцію різної основності, а також показує поступову зміну складу продуктів гідратації C_3S з віком твердіння. Це підтверджується рентгенографічним аналізом.

Проведені дослідження свідчать про те, що в процесі гідратації C_2S і C_3S у тісті утворюються різні гідросилікати кальцію.

Гідроліз гідросилікатів кальцію триває впродовж усього періоду гідратації мінералу. Цей процес є безперервним і значною мірою проходженню його сприяє підвищена активність води, яка бере участь у хімічній реакції.

Інфрачервона спектроскопія портландцементів, гідратованих до одного року. ІЧ-спектри алітового портландцементу № 1, гідратованого до одного року, зображені на рис. 4.

Розглядаючи ІЧ-спектри цементу, гідратованого протягом різного часу, помічаємо зміни. Зменшується поглинання всіх смуг спектра у перші сім діб гідратації цементу і знову збільшення поглинання смуги при 937 $см^{-1}$ після 28 діб твердіння.

Перше призводить до розмитості (дифузності) спектра, а друге – до змін зовнішнього вигляду, тобто зменшується кількість негідратованого цементу і проглядається невпорядкованість структури гідратних новоутворень.

Наявність сульфатних сполук в алітовому цементному камені в будь-якому віці твердіння визначається за смугою при 1110–1120 $см^{-1}$ більш чітко, ніж термічним і рентгенографічним методами.

Криві зміщення смуг при 937 $см^{-1}$ з віком гідратації C_3S і портландцементу № 1 аналогічні кривим зростання міцності цих матеріалів.

За розташуванням основної смуги C_3S при 937 $см^{-1}$ на ІЧ-спектрі можна визначити вік цементного каменю на основі алітового і звичайного портландцементів.

ІЧ-спектри клінкеру, негідратованого і гідратованого портландцементу № 2 приведено на рис. 5.

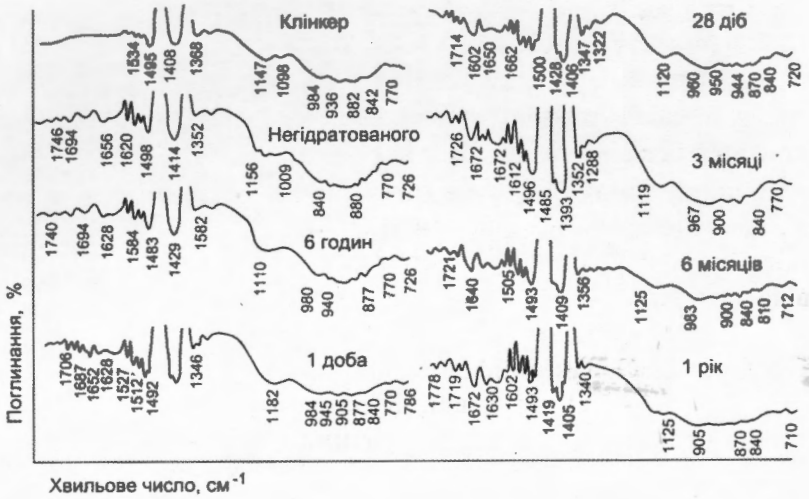


Рис. 5. Інфрачервоні спектри портландцементу № 2

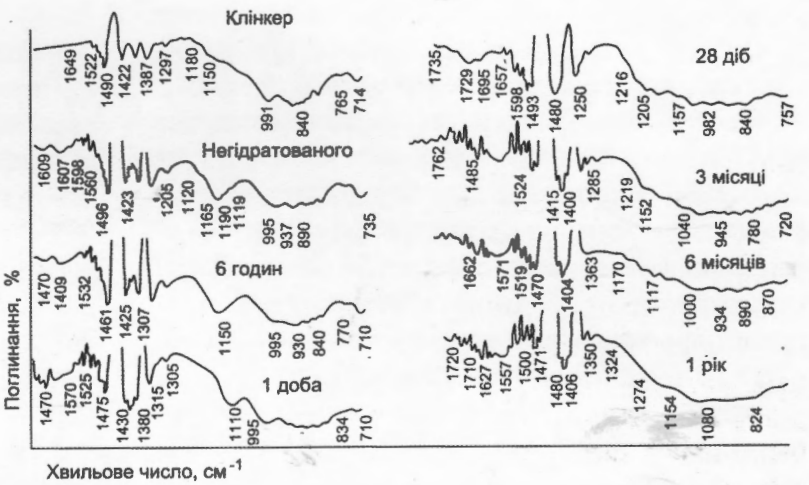


Рис. 6. Інфрачервоні спектри портландцементу № 3 гідратованого

ІЧ-спектр цього цементу має більш розмитий характер, що пояснюється накладанням один на одного ІЧ-спектрів клінкерних мінералів у його співвідношеннях.

У діапазоні хвильових чисел 700–1125 $см^{-1}$ значно збільшується дифузність усього ІЧ-спектра цементу № 2, гідратованого одну добу. З віком гідратації портландцементу дифузність підвищується ще більше, і до року ІЧ-спектр набуває вигляду хвилястої горизонтальної лінії.

ІЧ-спектри портландцементу № 3 відображено на рис. 6. У зв'язку з тим, що в цьому портландцементі 63,18 % C_2S, спектр його близький до спектра C_2S (див. рис. 1).

Незважаючи на наявність у портландцементі № 3 лише 9,2 % C_3S, його смуги при 880 і 938 $см^{-1}$ на ІЧ-спектрі чітко виділяються. Те ж саме можна сказати і про смуги при 718, 765, 845, 907, 1150 і 1180 $см^{-1}$, які характерні для C_3A і C_4AF.

Ні рентгенографічний, ні термічний аналізи не дають змоги виявити ці мінерали у цементах. Це ще раз свідчить про переваги методу ІЧ-спектроскопії над методами фазового аналізу.

Процес взаємодії портландцементу № 3 з водою виявляється в підвищеній дифузності правої частини спектра з віком гідратації. Окремі поруч розташовані смуги зливаються, що призводить до зменшення хвилястості ліній спектра.

Зміна дифузності ІЧ-спектрів цементів залежить, радше, від їх мінералогічного складу. Наприклад, для алітового портландцементу № 1

(див. рис. 4) підвищення дифузності ІЧ-спектрів спостерігається лише на початку гідратації.

Дифузність спектрів белітового цементу № 2 (див. рис. 5) значно менша від дифузності спектрів белітового цементу № 3 (див. рис. 6).

Таким чином, зі зменшенням кількості C_3S у цементі дифузність ІЧ-спектрів протягом однакових термінів збільшується, у той час як ступінь гідратації зменшується.

Широкі дифузні смуги є наслідком незорієнтованої структури мінералів, що свідчить про наявність порушень і дефектів у ній. Зниження частоти від 935 до 827 $см^{-1}$ засвідчує, що в цьому інтервалі хвильових чисел вода і гідроксили пов'язані в гідрооксид кальцію і гідросилікати.

Одночасна наявність декількох рядів смуг, розташованих на ІЧ-спектрі, показує, що в кожному гідратованому цементі існують гідроксили і молекули води з різною міцністю їх зв'язку з іншими елементами структури. Іншими словами, у цементному камені одночасно існують декілька різних гідросилікатів кальцію, які відрізняються один від одного основністю і вмістом води. Зміна мінералогічного складу цементу призводить до змін співвідношення між цими гідросилікатами, що впливає на інтенсивність відповідних смуг на ІЧ-спектрах.

Таким чином, можна дійти висновку, що інфрачервона спектроскопія є найбільш чутливим методом дослідження клінкерів і цементів різного мінералогічного складу, а також процесу гідратації останніх.

Усім ІЧ-спектрам негідратованих і гідратованих силікатів кальцію і портландцементів різного мінералогічного складу притаманна наявність широкої розщепленої на частини смуги в інтервалі хвильових чисел 800–1150 $см^{-1}$, характерної для SiO_4 тетраедрів.

ІЧ-спектри C_2S і C_3S відрізняються один від одного поглинанням окремих розщеплених смуг.

ІЧ-спектри портландцементів є результатом накладання спектрів окремих мінералів, з яких складається цемент, і мають підвищену дифузність порівняно з чистими мінералами за рахунок невпорядкованої структури останніх у разі введення до їх решітки інших елементів.

ІЧ-спектральний аналіз дає змогу визначити мінералогічний склад цементів. Для ідентифікації C_2S можуть бути використані смуги при хвильових числах 990 і 840 $см^{-1}$, для C_3S – при 938 і 878 $см^{-1}$, для C_3A і алюмоферитів кальцію – при 770 $см^{-1}$ і для гіпсу – при 1100–1150 $см^{-1}$.

Під час гідратації C_2S і C_3S утворюються різні гідросилікати кальцію. Основним продуктом гідратації C_2S є двокальцієвий гідросилікат. У процесі гідратації C_3S виділяється гідрооксид кальцію і утворюються гідросилікати різної основності. Основність гідросилікатів змінюється з часом, у результаті смуга C_3S при 938 $см^{-1}$ зміщується в сторону більших хвильових чисел до 970 $см^{-1}$. Доведено, що за розміщенням зазначеної смуги можна визначати вік алітового і нормального портландцементного каменю.

Встановлена наявність у продуктах гідратації портландцементів різного мінералогічного складу декількох видів гідросилікатів кальцію, кількісне співвідношення між якими визначається складом цементу у віці твердіння.

Надійшла 23.03.2018 р.

ОФІЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ

Українським інститутом сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського на замовлення Мінрегіону України розроблена нова редакція державних будівельних норм на заміну діючих норм ДБН В.1.2-14:2008 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».

У новій редакції норм оновлені вимоги і методики визначення матеріальних збитків і соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або із втратою цілісності об'єкта, а також змінено значення характеристик можливих наслідків відмови. Вимоги норм приведені у відповідність до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Розроблено також новий додаток «Прогнозування можливих аварійних ситуацій, складання сценарію розвитку аварій і оцінка ризику втрат», який дозволяє визначати можливі збитки за сценарієм розвитку аварії.

Введення в дію нової редакції ДБН В.1.2-14:2008 планується з 1 грудня 2018 року.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ АЭРОВОКЗАЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ



Касим Мухаммед Басим
аспирант архитектурного факультета Киевского национального университета строительства и архитектуры

Авиационный транспорт – один из самых молодых, перспективных и динамично развивающихся видов транспорта в мире – в настоящее время требует расширения существующих и проектирования новых терминалов в структуре аэропортов (А), а также объединения всех блоков и функциональных зон А в сложные аэровокзальные комплексы (АВК) с возможностью их дальнейшего развития или модернизации с расширением. Чтобы выявить возможные пути развития авиационного транспорта и соответственно – особенности формирования объемно-пространственной композиции аэропортов, необходимо детально проанализировать историю развития мировой авиации.

Началом эпохи воздухоплавания стало изобретение и запуск воздушного шара (монгольфьера). Однако, подобные воздушные шары с подвешенной к ним корзиной для пассажиров были плохо управляемыми и точное место их посадки невозможно было спрогнозировать. Поэтому не было потребности в специальных портах для отправления и посадки пассажиров. С целью создания управляемого воздушного шара изобретатель А. Жиффар построил в 1852 г. сигарообразный (вытянутой формы) аэростат (дирижабль) с гребным винтом в хвосте, приводившимся в движение небольшой паровой машиной. Первый двигатель внутреннего сгорания был применен в ноябре 1899 г. французом А. Сантос-Дюмоном в дирижабле собственной конструкции, на котором он облетел вокруг Эйфелевой башни. Подобные дирижабли были наполнены водородом, гелием и легко управлялись, но очень небезопасны, громоздки, неуклюжи и тихоходны. В 1884–1885 гг. русский морской офицер А.Ф. Можайский впервые в мире спроектировал и запатентовал самолет, который был построен и испытан. Однако, первое воздушное путешествие на аэроплане с бензиновым мотором совершили американцы братья У. и О. Райт 17 декабря 1903 г. и этот день официально считается днем рождения авиации (от латинского «авис» – птица). Полет продолжался 17 с, за которые аппарат пролетел 33 м.

Впервые подняться в небо на значительную высоту на воздушном шаре, наполненном нагретым воздухом, удалось инженерам братьям Ж. и Э. Монгольфье во второй половине XVIII ст. (21 ноября 1783 г.). В то время лидерами по производству любых транспортных средств и технического оборудования считались Англия и Франция. Позже к ним присоединилась и Германия. Развитие автомобилестроения и автоматизации производства пошло по пути создания двигателя внутреннего сгорания, принцип действия которого и послужил прообразом первого авиационного двигателя.

Прошло немногим более одного столетия после того события, когда человечество смогло впервые реализовать свою многовековую мечту – оторваться от земли и взлететь в небо, преодолев пространство, время и земное притяжение. По сравнению со всей историей развития людской цивилизации это всего лишь один миг. Но за этот короткий период были времена и упадка, и расцвета авиастроения. Две мировые войны в XX ст., хотя и послужили толчком для развития военной и космической авиации, в целом оказали пагубное влияние на авиастроение и на долгие десятилетия притормозили научно-технический прогресс и поступательное развитие мировой цивилизации.

Конец XIX – начало XX ст. вошли в историю как период постепенного перехода от первых воздушных аппаратов, аэростатов, аэропланов и массивных дирижаблей фирмы «Цеппелин» к первым легким одноместным моторным самолетам, а затем – и к современным сверхзвуковым лайнерам, грузовым самолетам, «конкордам», «русланам» и т.п. Позже модельный ряд самолетов получил четкое разделение на военную, пассажирскую и транспортную авиацию. Первые аэропорты отличались простотой функциональных взаимосвязей (ангар – самолет) и планировочных решений, включающих

© Касим Мухаммед Басим

импровизированную взлетную полосу (в основном – грунтовую) и легкие переносные (разборные металлические) ангары для самолетов. Позже, с интенсивным развитием транспортной авиации к 1920–30-м годам стали активно строиться первые настоящие аэродромы с профессиональными взлетно-посадочными полосами (ВПП) с твердыми покрытиями и продуманными функционально-планировочными решениями зданий самих аэропортов, предназначенных для удачного и комфортного размещения пассажиров и логистики грузов.

Начало XX в. охарактеризовалось бурным развитием самолетостроения во многих странах. И.И. Сикорский в 1913 г. создал первый в мире большой четырехмоторный самолет «Русский витязь» и «Илья Муромец». Официальный рекорд скорости летательных аппаратов, установленный в 1920 г., равнялся 320 км/ч, а современная реактивная авиация развивает скорость свыше 3000 км/ч. Огромный вклад в развитие мирового авиастроения внесли известные ученые и конструкторы: Н.Е. Жуковский, который считается отцом русской авиации, разработчиком формы крыла самолета; К.Э. Циолковский (реактивные самолеты и ракеты); Ф.А. Цандлер (первые ракеты на жидком топливе); А.Н. Туполев, который заложил основы проектирования отечественных авиасудов (в дальнейшем их разрабатывали С.В. Ильюшин, О.К. Антонов, А.С. Яковлев); Ю.В. Кондратюк (основоположник теории покорения космических пространств); С.П. Королев (создатель первого в мире спутника и космического корабля) и многие другие.

Первые аэропланы были относительно легкими и развивали небольшую скорость, не требующую значительной длины пробега при взлете и посадке, и могли использовать в качестве летного поля короткие летные площадки. Поэтому аэродромы для этих самолетов располагались в любых подходящих местах, удобных для обслуживания населения, и не имели специально оборудованных ВПП с искусственным покрытием. Пилоты ориентировали самолеты относительно направления ветра таким образом, чтобы при коротком разбеге (до 800 м) можно было быстро развить скорость до 160–175 км/ч, необходимую для отрыва аппарата от земли. В 1930-х годах с появлением многомоторных самолетов дальней авиации военного назначения, научно-исследовательского назначения (покорение Северного и Южного полюсов, межконтинентальные перелеты) и коммерческих авиалиний (пассажирских и транспортных) возникла острая необходимость в строительстве бетонированных ВПП длиной до 1500 м. Они могли принимать тяжелые самолеты от 5 до 12 т, создающие значительные удельные нагрузки на покрытие аэродрома. Постепенно необходимость в авиационных перевозках становилась все больше, поскольку самолеты могли быстро доставлять грузы в самые труднодоступные места нашей планеты. Именно в этот период появились первые самолеты с возможностью посадки на каменистый грунт, снег и на водную поверхность (гидропланы) и т.п. На маленьких аэродромах ВПП выполняют земляными (тромбованными и долитыми битумом), а на крупных – из железобетона значительной толщины. Главное требование к ВПП – горизонтальность и гладкость поверхности, отсутствие неровностей и большого уклона.

Аэродром, аэропорт и терминал. Как уже отмечалось, первым самолетам для взлета и посадки достаточно было короткой дорожки без неровностей. Современные воздушные лайнеры обладают очень большим весом и требуют громадных летных полей, площадь которых измеряется многими гектарами. Со временем размеры аэропортов становятся все внушительнее: воздушный порт Руасси во Франции по территории равен одной трети Парижа. Взлетная и посадочная скорость современных самолетов превышает 200–300 км/ч. Поэтому разбег на взлете и пробег после посадки у подобных машин измеряется сотнями метров и ВПП приходится делать длиной более 3 км, и таких полос на современных аэродромах бывает от одной до нескольких десятков. Соответственно для их организации необходимы земельные участки большой площади, удаленные от центров больших городов и от высотных сооружений и зданий, создающих помехи взлету и посадке.

Аэродром оснащается: посадочными огнями приближения красного цвета (ровная цепочка прожекторов по осевой линии, которые видны за несколько километров); радиомаяком, находящимся вблизи ВПП (курсовой маяк указывает пилоту направление на осевую линию ВПП); радиолокатором кругового обзора (который показывает на экране воздушную обстановку в зоне аэродрома, высоту и скорость само-

летов на подлете); командно-диспетчерским пунктом (как правило, застекленная башня с видом на аэродром, с которой осуществляется управление полетами и посадками авиалайнеров).

От ВПП к местам стоянки и зданию аэровокзала прокладываются рулевые (рулежные) дорожки. По сравнению с ВПП они более узкие, более короткие и ограждены синими огнями. По ним самолеты либо движутся используя тягу своих двигателей, либо буксируются машиной-тягачом.

Аэропорт – это не только летное поле и аэровокзал, это сложное авиатранспортное предприятие, состоящее из ряда разнообразных служб, без которых современные самолеты не могут регулярно и безопасно перевозить пассажиров и грузы, часто рядом с пассажирским терминалом и аэровокзалом пристраивают здания грузового порта со складами и площадками для хранения, логистики товаров. К аэропортам относятся аэровокзалы и здания для хранения и отправки грузов в специальных контейнерах и почты, а также подъездные железные и шоссейные дороги, станции наземного транспорта (автомобильного, железнодорожного) и автостоянки.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что в процессе системного проектирования современных АВК обязательно необходимо учитывать основные принципы формирования зданий и комплексов подобного типа, приведенные на рис. 1. Все эти принципы рассматриваются и принимаются к разработке лишь в комплексе критериев оценки качества будущего аэропорта по принципу Витрувианской триады: «скорость–комфортность–безопасность». И ни один из этих критериев не может быть исключен. Проектирование аэропортов – это сложный и продолжительный процесс, включающий огромную подготовительную работу и расчеты его эффективности, надежности и безопасности.

Рассматривая вопросы, связанные с проектированием аэропортов и аэровокзальных комплексов, необходимо четко определиться с понятиями и специальными архитектурными терминами. Так, например, понятие аэропорт включает в себя сам аэровокзал с аэродромом, обслуживающими техническими зданиями и сооружениями, ВПП и рулежными дорожками.

Аэровокзалы и АВК относятся к транспортному типу общественных зданий и сооружений. Они предназначены для комплексного обслуживания пассажиров воздушного транспорта, а также провожающих и встречающих. АВК отличается от обычного аэропорта значительными размерами и более развитой архитектурно-планировочной структурой, мощностью, т.е. пропускной способностью, которая определяется исходя из планируемого годового объема перевозок на расчетный год эксплуатации. Например, современный АВК может включать несколько сблокированных зданий (блоков) аэровокзалов, связанных между собой функционально-технологически и объемно-пространственно (как старый и новый вокзал, южный и северный блок и т.п.), которые в результате образуют единое целое – архитектурный ансамбль. Именно понимание этой комплексности, ансамблевости и целостности должно стать для зодчих определяющими в формировании образа здания и его окончательного объемно-пространственного решения. Ведь пройдет совсем немного времени и, вполне вероятно, что АВК не будут проектироваться «на задворках» города, где-то «на отшибе», а скорее наоборот – с разви-

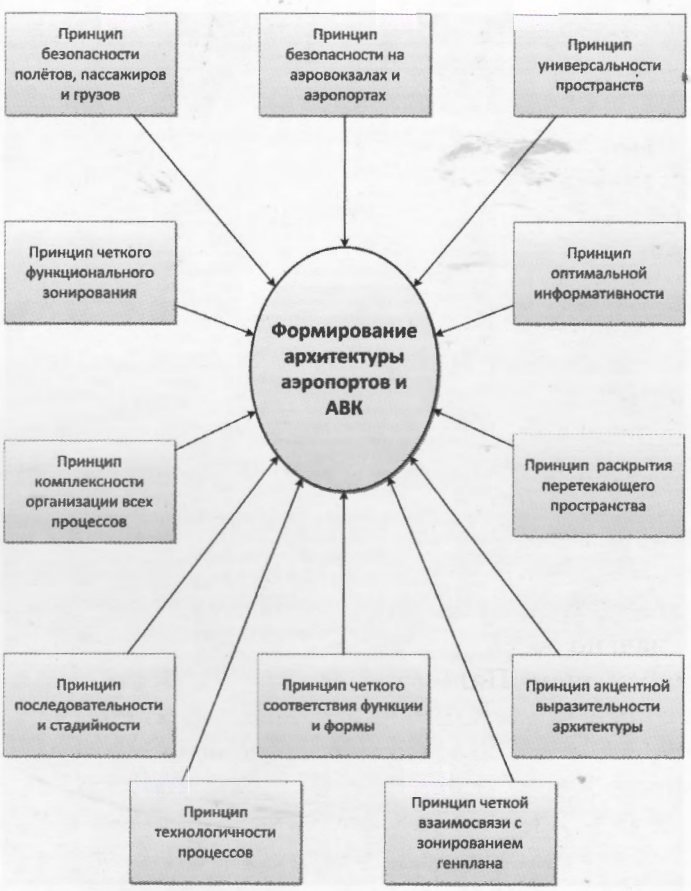


Рис. 1. Принципы формирования архитектуры современных аэропортов и аэровокзальных комплексов

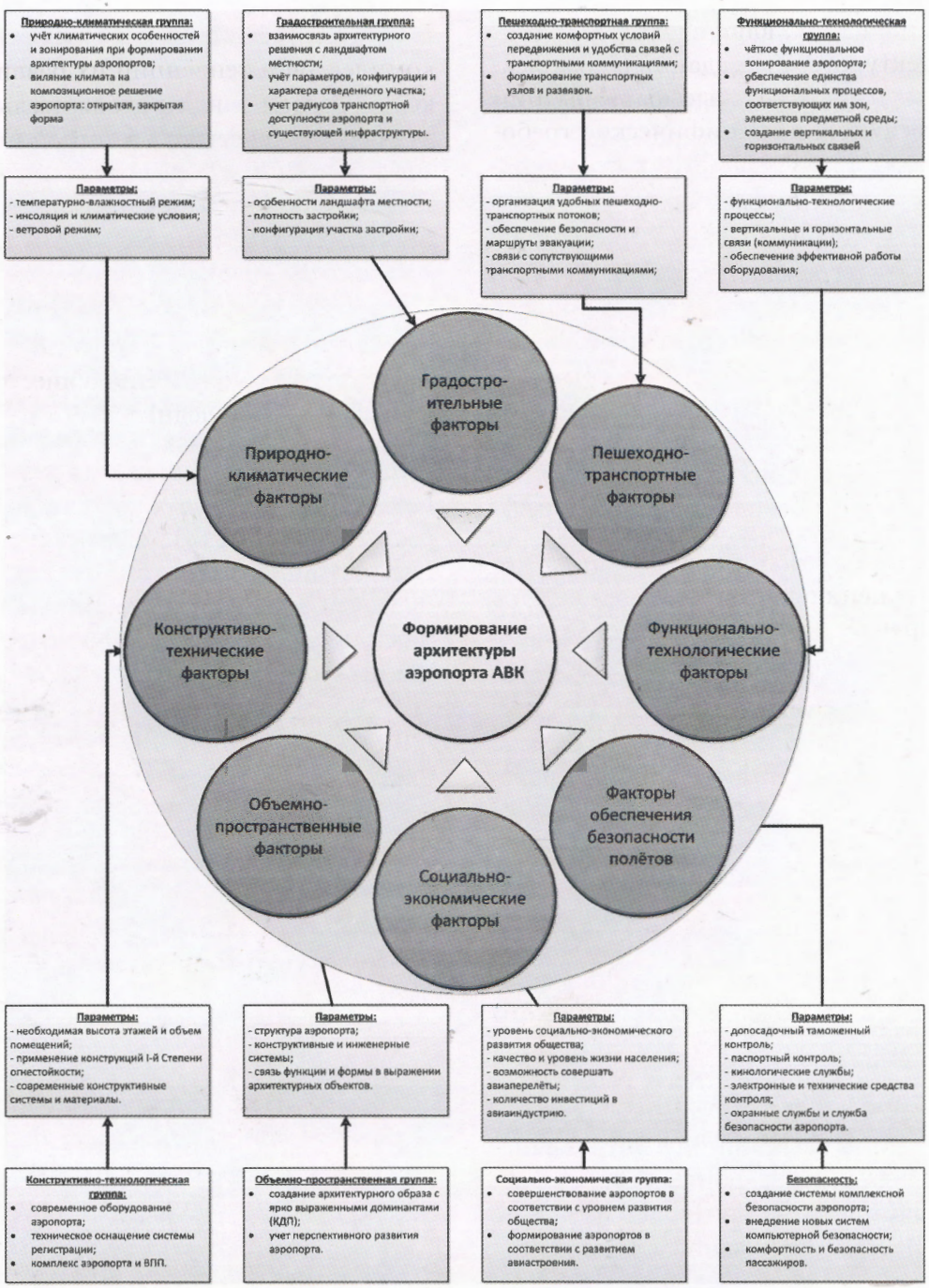


Рис. 2. Факторы, оказывающие влияние на формирование архитектуры аэропортов и АВК

тием авиационного транспорта и пассажирских перевозок возрастет потребность функционального приближения аэровокзала к городу, включения привокзальных площадей в структуру общегородских транспортных узлов, создания на их основе сложных многоуровневых развязок, которые будут включать в себя остановки городского подземного и наземного транспорта (по принципу лондонского метро), максимальное приближение друг к другу речного, железнодорожного и аэровокзала и т.п.

Проблема проектирования зданий динамично развивающейся структуры становится в перспективе одной из ключевых для строительства многих типов общественных и промышленных зданий. Поскольку сегодня обновление строительных фондов и модернизация явление повсеместное, то для проектировщиков будет интересен опыт динамично развивающейся архитектуры аэровокзалостроения, быстрого и качественного преобразования структуры и облика зданий.

Среди предпосылок, влияющих на формирование архитектуры любых зданий и комплексов, можно выделить основные факторы (определяющие, ведущие и специфические требования к формообразованию функционально-планировочной и архитектурно-пространственной структуры проектируемого объекта) и второстепенные (дополнительные формообразующие условия, которые присущи большинству проектируемых зданий и сооружений). Специфика формирования архитектуры аэропортов и аэровокзальных комплексов (АВК) состоит в том, что ему предшествует большая работа по выявлению основных факторов (см. рис. 2) и местных условий. Таким образом, формирование архитектуры АВК и аэропортов средней величины потребуют системного подхода не только к размещению здания на земельном участке, но и правильной ориентации его в пространстве, а также к организации четкой, органичной функционально-планировочной взаимосвязи внутренних пространств и площадей с внешними функциональными зонами. Например, пешеходно-транспортные потоки должны быть организованы по всей территории аэропорта таким образом, чтобы они беспрепятственно циркулировали и ни в коем случае не пересекались. Кроме того, все накопительные зоны на прилегающих территориях и внутри здания комплекса не должны провоцировать большого скопления людей.

Практика строительства аэровокзальных комплексов и тенденции их развития в недалеком будущем и на продолжительную перспективу свидетельствует об острой необходимости в разработке научно-методических основ проектирования аэротранспортных предприятий. В связи с интенсивным развитием компьютерной техники и интернет-технологий, которые обновляются каждые полгода, возможно динамичное изменение требований к организации пространства предприятий общественного транспорта. Так, за последние 20 лет кардинально изменились формы транспортного и таможенного контроля в аэропорту, время и формы прохождения регистрации пассажиров на рейс, типы функционально-планировочных решений многоуровневых (атриумных) пространств залов ожидания и т.п. Таким образом, необходимо предусмотреть не только номенклатуру основных и вспомогательных помещений аэропорта, но и разработать наиболее приемлемые приемы их пространственного и композиционного объединения в рациональные функционально-планировочные схемы и в оригинальные объемно-пространственные решения. Следует отметить, что гражданская авиация развивается исключительно быстро, стимулируя периодическую модернизацию застройки и качественное изменение архитектурно-художественного облика аэропорта.

[1] *Голубев Г.Е.* Современные вокзалы/Г.Е. Голубев, Г.М. Анджелини, А.Ф.Модоров. М.: Стройиздат, 1967.

[2] *Евреинов Ю.Н.* Объемно-планировочные решения аэростанций и аэровокзалов местных воздушных линий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Ю.Н. Евреинов. – Л.: ЛИСИ, 1965.

[3] *Комский М.В.* Архитектура аэровокзалов нарастающей пропускной способности (поэтапное развитие объемно-планировочных решений зданий децентрализованного типа в аэропортах IV – III классов). Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры/ М.В. Комский. – М.: МАИ, 1977.

[4] *Комский М.В.* Аэровокзалы (Архитектору-проектировщику) / М.В. Комский, М.Г. Писков. – М.: Стройиздат, 1987. – 199 с.

[5] *Локшин В.Г.* Аэровокзалы аэропортов / В.Г. Локшин, Н.М. Согомонян, Ю.И. Берлин – М.: Транспорт, 1966.

[6] *Локшин В.Г.* Аэровокзалы аэропортов различной пропускной способности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.Г. Локшин. – Л.: МАУ, 1970.

[7] *Моради Пур Омид.* Исторические предпосылки формирования архитектуры современных аэропортов и АВК / Моради Пур Омид. – Архітектурний вісник КНУБА. Вип. 8-9: – К.: 2016.

[8] *Предтеченский В.М.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков / В.М. Предтеченский, А.И. Милинский – М.: Стройиздат, 1969.

[9] *Писков М.Г.* Архитектура аэровокзалов децентрализованного типа (для крупных аэропортов СССР). Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / М.Г. Писков – М.: МАИ, 1972.

[10] *Ушаков В.А.* Архитектура интерьеров аэровокзалов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / В.А. Ушаков – М.: МАИ, 1966.

[11] *Филенков Ю.П.* Городские аэровокзалы (принципы организации сети обслуживания пассажиров и архитектурно-планировочные решения транспортных сооружений). Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Ю.П. Филенков. – М.: ЦНИЭПжилища, 1967.

[12] *Hereford Peggy G.* New International Terminal for Los Angeles. Airport Fo-rum, 1980. 10. № 5.

[13] *Kortan J.F.* Atlanta's New Central Passenger Terminal Complex. «Transp. Eng. J. ASCE. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng.», 1980, 106. № 6.

Надійшла 13.06.2017 р.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

- Текст статті в електронному виді, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word та фото авторів.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, pcx, doc, docx – 300 dpi.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, вчені звання, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ

Видавець ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (протокол № 3 від 30.08.2018 р.)

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02125, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

тел. (044) 516-52-85, 543-98-36 e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

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

Комп'ютерна верстка та дизайн – **Цапро Т.І.**

Дизайн обкладинки – **Артюшенко В.С.**

Підписано до друку 30.08.2018 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1. Тираж 300 прим.

Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91

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

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