



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



МІНІСТЕРСТВО
ВІДНОВЛЕННЯ
розвитку громад, територій
та інфраструктури



АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА
УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»



IV Міжнародна науково-практична конференція «ЕНЕРГООЩАДНІ МАШИНИ І ТЕХНОЛОГІЇ» 23-25 травня 2023 року

Матеріали конференції

Київ 2023

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури (протокол №9 від 26.06.2023 р.)

Рецензенти:

О.Ф. Луговський, доктор технічних наук, професор

І.В. Кузьо, доктор технічних наук, професор

І.М. Берник, доктор технічних наук, доцент

***Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції
«Енергоощадні машини і технології»***

**Установа-організатор конференції:
Київський національний університет будівництва і архітектури**

«Енергоощадні машини і технології», Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 23-25 травня 2023 р. – К.: КНУБА, 2023. – 180 с.

До збірки включено матеріали, які стосуються енергоощадних машин, теорії їх дослідження, принципів створення і впровадження, інноваційних технологій створення енергоощадних систем в умовах сучасного будівництва, методів моделювання систем, моніторингу і діагностики технічних об'єктів.

Матеріали тез розраховані на викладачів, науковців та спеціалістів, що працюють в галузі теоретичних досліджень та практичного застосування енергоощадних машин і технологій, а також на студентів і аспірантів технічних ЗВО, фахівців науково-дослідних організацій та підприємств

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів, д.т.н., професор Назаренко І.І.

Редакційна колегія:

І.І. Назаренко – д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів – головний редактор;

О.П. Дєдов – д.т.н., професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів;

В.С. Слюсар – аспірант кафедри машин і обладнання технологічних процесів;

О.С. Дьяченко – к.т.н., доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів.

Матеріали друкуються в авторській редакції.

© Київський національний університет будівництва і архітектури, 2023

© Автори статей, 2023

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ ФОРУМУ

Голова програмного комітету:

Куліков Петро Мусійович, д-р. екон. наук, професор, ректор Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА).

Заступники голови програмного комітету:

Ковальчук Олександр Юрійович, д.т.н., проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку Київського національного університету будівництва і архітектури.

Назаренко Іван Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури, президент Академії будівництва України.

Члени програмного комітету:

Бобир М.І., д.т.н., професор, Київ.

Берник І.М., д.т.н., доцент, Вінниця.

Марек Вазовський, PhD, доцент, Катовіце, Польща.

Конрад Громашек, д.т.н., професор, Люблін Польща.

Гусєв Д.Ю., директор ТОВ «КАПОНІР-ГРУПП», Київ.

Данильченко Ю.М., д.т.н., професор, Київ.

Дмитренко В.І., професор, Черкаси

Ємельянова І.А., д.т.н., професор, Харків.

Зав'ялов В.Л., д.т.н., професор, Київ.

Ковров А.В., к.т.н., професор, Одеса.

Александра Кузіор, PhD, Dsc, DHC, Гливиці, Польща.

Кузьо І.В., д.т.н., професор, Львів.

Ланець О.С., д.т.н., професор, Львів.

Ловейкін В.С., д.т.н., професор, Київ.

Луговський О.Ф., д.т.н., професор, Київ.

Маріо Баджо, Гендиректор «Alchemco USA», Вірджинія, США.

Оніщенко В.О., д.екон.н, професор, Полтава.

Онищенко А.М., д.т.н., професор, Київ.

Паламарчук І.П., д.т.н., професор, Київ.

Перегінець І.І., к.т.н, Київ.

Петраков Ю.В., д.т.н., професор, Київ.

Юрій Петрина, д.т.н., професор, Берлін, Німеччина.

Поліщук Л.К., д.т.н., професор, Вінниця.

Роговський І.Л., д.т.н, професор, Київ.

Савицький М.В., д.т.н., професор, Дніпро.

Струтинський В.Б., д.т.н., професор, Київ.

Стоцько З.А., д.т.н., професор, Львів.

Тугай О.А., д.т.н., професор, Київ.

Фаренюк Г.Г., д.т.н., професор, Київ.

Michael Bißmann, Terra-Mix Bodenstabilisierungs GmbH,
Wettmannstätten, Austria.

Фаччін М., Гендиректор ТОВ «Мапеї Україна», Мілан, Італія.

Федоровська Н.В., д.т.н., професор, Харків.

Франчук В.П., д.т.н., професор, Дніпро.

Хмара Л.А., д.т.н., професор, Дніпро.

Шандра А., Гендиректор ТОВ «Технобазальт-Інвест», Київ, Україна.

Яхно О.М., д.т.н., професор, Київ.

Jacob I. Kleiman, PhD, професор, Торонто, Канада.

Matjaž Godec, Гендиректор «Institute of Metals and Technology», Любляна,
Словенія.

В'ячеслав Троян, д.т.н., професор, ЕТН Цюрих, Цюрих, Швейцарія.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету:

Назаренко Іван Іванович, д.т.н, професор, зав. кафедри машин і обладнання технологічних процесів КНУБА, президент АБУ.

Заступники голови оргкомітету:

Дедов Олег Павлович, д.т.н, професор, професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів КНУБА.

Рашківський Володимир Павлович, к.т.н., доцент, зав. кафедри будівельних машин КНУБА.

Гайдайчук Віктор Васильович, д.т.н, професор, зав. кафедри теоретичної механіки КНУБА.

Члени оргкомітету:

Яковенко Валерій Борисович, д.т.н., професор.

Клименко Микола Олександрович, к.т.н., доцент.

Свідерський Анатолій Гофільйович, к.т.н., професор.

Ручинський Микола Миколайович, к.т.н., професор.

Пристайло Микола Олексійович, к.т.н., доцент.

Горбатюк Євгеній Володимирович, к.т.н., доцент.

Косминський Ігор Владленович, к.т.н., доцент.

Міщук Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент.

Міщук Євген Олександрович, к.т.н., доцент.

Делембовський Максим Михайлович, к.т.н., доцент.

Орищенко Сергій Вікторович, к.т.н., доцент.

Секретар конференції:

Дьяченко Олександр Сергійович, к.т.н., доцент.

Зміст

СЕКЦІЯ 1

«ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ І СПОРУД»

Архітектурно-планувальні рішення житлових будинків з капсулам безпеки _____ 10

Савицький М.В., Невгамонний Г.У., Бордун М.В., Денисенко О.В.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна

Технології і організація відновлення пошкоджених і зруйнованих об'єктів інфраструктури України в результаті війни _____ 14

Савицький М.В.¹, Радкевич А.В.², Савицький О.М.², Пшінько П.О.¹.

1 - Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна

2 - Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна

Інтелект технічного об'єкту на прикладі двомасової пружної системи _____ 18

Зунов О.В.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Огляд технологій переробки відходів будівельної галузі і можливість їх використання при переробці зруйнованих будівель і споруд _____ 21

Дьяченко О.С., Анопко А.Є., Гох В.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Системи автоматичного керування стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування _____ 25

Гаврюков О.В., Вольтерс А.О., Волчков М.В., Соболевська Л.Г.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Пристрій для отримання сталевібробетону _____ 28

Гаврюков О.В., Запривода А.В., Луценко В.Ю., Іносов С.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

«Розумне місто» або інноваційні технології на вулицях середніх міст _____ 32

Драчинська В.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Порівняльний розрахунок на стійкість універсального одноківшового екскаватора _____ 35

Проскурін О. Г.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

СЕКЦІЯ 2

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ»

Удосконалення технології обстеження аварійних об'єктів пошкоджених в результаті позапроектних впливів _____ 39

Григоровський А.П., Мурашова О.В.,

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького», Київ, Україна

Інноваційна технологія влаштування енергоефективних композитних стін в незнімній опалубці _____ 41

Ковров А. В.¹, Назаренко І. І.², Менейлюк О. І.¹, Бочевар К. І.¹, Нікіфоров О. Л.¹

1 – Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна

2 – Академія будівництва України, Київ, Україна

Ефективні фібробетони для ремонту пошкоджених жорстких дорожніх покриттів	44
Кровяков С.О., Крижановський В.О.	
Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна	
Актуальність переробки будівельного сміття та огляд впливу на навколишнє середовище	48
Дьяченко О.С., Кібаленко В.С., Тверда Д.Д.	
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Економічна справедливість і рівність: філософські та економічні розгляди при використанні інноваційних технологій відновлення інфраструктури в Україні	52
Мацала М.І., Казьмін О.Г., Тімченко А.В.	
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Аналіз енергетичних законів руйнування матеріалів	56
Міщук Є. О., Назаренко І.І.	
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Швидке відновлення пошкоджених та зруйнованих будівель з використанням Prefab технологій	59
Бутенко В.В.	
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Ергономіка громадських просторів та формування середовища засобами ландшафтної архітектури	62
Фоменко М.А., Устінова І.І.	
Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна.	
Інформаційна модель розрахунку взаємодії просторово орієнтованого ножа з робочим середовищем	65
Федишин Б.М.	
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Застосування ультразвукових технологій при виробництві екологічних сіркополімерних матеріалів нового покоління	69
Андросюк Ю.Є.	
Голова ради директорів «West-East Group», Київ, Україна	
Експериментальне визначення зчеплюваності бітуму зі щебенем	72
Мошківський Р.В.	
Національний транспортний університет, Київ, Україна	
Аналіз підходів до управління проектами у галузі дорожнього будівництва	74
Мошківський Р.В., Аксьонов С.Ю.	
Національний транспортний університет, Київ, Україна	
Застосування будівельних матеріалів для дерев'яних мостів	76
Торхов А.С, Рубльов А.В.	
Національний транспортний університет, Київ, Україна	
Особливості щодо установлення національних вимог до зернового складу асфальтобетонних сумішей згідно з ДСТУ EN 13108-1	79
Шапаренко А.С., Вишнівський Б., Желтобрюх А.Д.	
Національний транспортний університет, Київ, Україна	
Концепція будівництва мостів	82
Лапченко А.С., Шапаренко А.С., Андрушко Б.	
Національний транспортний університет, Київ, Україна	

- Дослідження впливу гумової крихти на властивості бітумів** _____ **84**
Мірчук І.О., Мороз В., Столярова Л.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Забезпечення довговічності асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження** _____ **87**
Лісневський Р., Весіч І.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Дослідження напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій** _____ **90**
Карнаков І.
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна
- Вплив дефектів залізобетонних автодорожніх мостів на вид та склад ремонтних робіт** _____ **92**
Черниш В.М.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Підвищення температуростійкості та довговічності асфальтобетонних шарів за допомогою армуючих синтетичних матеріалів ADFORS GLASGRID** _____ **94**
Гусев Д.
Національного транспортного університету
- Експериментальні дослідження плит проїзної частини мостів з залізобетонними незнімними опалубками** _____ **98**
Кот Д.В., Риковець О.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Технологія ремонту будівництва мостів та труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій** _____ **99**
Здольнік О.В., Онищенко А.М.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Оцінювання технічного стану мостів в результаті непередбачених проєктом обставин** _____ **102**
Ружицький О.Б., Найдьонова З.М.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
- Підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг за рахунок армування** _____ **105**
Федоренко О. С.
Національний транспортний університет, Київ, Україна

СЕКЦІЯ 3

«МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ, МОНІТОРИНГ І ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ»

- Structural health monitoring of dams and bridges - a review of two recent projects** _____ **108**
Yuri Petryna¹, Richard Lorenz², Waldemar Elsesser³
1 – Technische Universität Berlin, Berlin, Germany,
2 – University of Applied Sciences Potsdam, Potsdam, Germany,
3 – GUD Geotechnik und Dynamik CONSULT GmbH, Berlin, Germany.
- Experimental Testing of airlift aerator** _____ **111**
Nazarenko Ivan Ivanovych¹, Tavrel Maryna Ihorivna²
1 – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
2 – Donetsk National Technical University, Luts'k, Ukraine

Моніторинг мікроклімату приміщень при використанні переносного пристрою фіксації фізичних величин та реєстрації вимірів	115
Макаренко Л.І. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Застосування симулятора v-ger для навчання програмування інформаційних робототехнічних систем зі зменшеними енерговитратами	119
Циганков О. В., Міщук Д. О. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Interoperability between BIM and FEM tools for structural assessment	122
Iryna Rudenko, Yuri Petryna Technische Universität Berlin, Berlin, Germany	
Аналіз загальних структур моделювання вібраційних систем	125
Назаренко І.І. , Яковенко В.Б., Міщук Є.О. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Методи захисту від атак у системах інтернету речей: відкриті проблеми та перспективні рішення	128
Власенко М.М., Хлапонін Ю.І. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Аналіз сучасного стану нормативної бази України щодо стійкості до прогресуючого обвалення будівель і споруд	131
Фесун І.К., Вабіщевич М.О. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Математичне моделювання оптимізації процесів ліквідації пошкоджень цегляних будівель	134
Ковров А.В., Менеїлюк О. І., Руссий В. В. Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна	
Сучасні ефективні методи оцінки напружено-деформованого стану конструкцій і споруд в умовах їх статичного та динамічного навантаження	139
Дєдов О.П., Вабіщевич М.О. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	
Information technology of neural network modeling in diagnostics of technical objects	143
Terentyev Oleksandr, Gorbatyuk Ievgenii, Volianiuk Volodimir Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine	
Особливості процесів гасіння енергії в гідравлічних системах	147
Костюк Д.В., Яхно О.М., Ночніченко І.В. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна	
Оцінка напружено-деформованого стану циліндричних оболонок	150
Гаркуша М. В., Клименко М. І. Національний транспортний університет, Київ, Україна	
Врахування термoprужних характеристик односпрямованого волокнистого композитного матеріалу в скінченно-елементній моделі неоднорідної оболонки	153
Калашніков О.Б., Кривенко О.П. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна	

Метод прогнозування і оцінки показників надійності гідроприводів екскаваторів на основі моделювання параметричних відмов _____ 157

Лесько В.І., Клименко М.О., Делембовський М.М.,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

СЕКЦІЯ 4

«ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ЧАС»

Фахова технічна підготовка на основі об'єднання навчальних закладів I–IV рівнів акредитації _____ 166

Куліков П.М., Назаренко І.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Адаптивна технологія онлайн-управління професійним навчанням будівельників _____ 170

Охременко С.В.

директор ТОВ «ДРБП «Новобудова», Донецьк, Україна

Управління закладом вищої освіти в умовах військового стану _____ 174

Новиков Д.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Методика підготовки фахівців з використанням BIM технологій _____ 177

Назаренко І.І.^{1,2}, Перегінець І.І.², Смірнов Ю.О.³

1-Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

2- Академія будівництва України, Київ, Україна.

3-"Allbau Software GmbH", Київ, Україна.

СЕКЦІЯ 1

«ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ І СПОРУД»

УДК 699.85

Архітектурно-планувальні рішення житлових будинків з капсулам безпеки

Савицький М.В., Невгамонний Г.У., Бордун М.В., Денисенко О.В.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна

***Анотація.** Для забезпечення належного рівня безпеки населення розроблено архітектурно-конструктивне рішення форми захисту цивільного населення миттєвої доступності в багатоповерхових житлових будинках. В роботі проаналізовано досвід проектування і будівництва споруд цивільного захисту населення минулого та сьогодення. Розроблені проектні рішення універсальної капсули безпеки з детальним плануванням внутрішнього простору для багатоповерхових житлових будинків. Здійснено інтегрування запропонованих рішень в архітектурно-планувальну структуру будівель. Капсули безпеки мають швидкий доступ для мешканців, конструктивну та функціональну незалежність, а також адаптованість до будівельної структури. Всі розроблені проектні рішення відповідають діючим нормативним вимогам, запроектовані з урахуванням економічного використання внутрішніх об'ємів і площ, враховують безпеку та комфорт мешканців у випадку надзвичайних ситуацій.*

***Ключові слова:** споруди цивільного захисту; укриття; безпечний простір; захист населення; поверхові укриття*

З початку повномасштабного вторгнення Російська Федерація постійно веде неприховану терористичну війну проти цивільного населення України, постійно обстрілює українські міста і селища, знищує інфраструктуру. Наслідком цього є значні людські втрати, зруйновані і пошкоджені будівлі, понівечені підприємства і мережі електро- і тепlopостачання. Більшість людей гинуть через ураження уламками ракет або інших видів боєприпасів під час обстрілів, або стають живцем похованими під завалами зруйнованих будівель.

Тож сьогодні, окрім ведення оборонно-наступальних дій, які націлені на звільнення українських територій від загарбників, для нашої держави першочерговим завданням є забезпечення належного рівня безпеки населення.

Військова агресія Російської Федерації проти України довела критичну необхідність використання нових принципів при плануванні і проектуванні житлових і громадських будівель, а саме проектування нових будівель із захисними спорудами, проектування спеціальних автономних захисних споруд (сховищ) для захисту населення, споруд і елементів подвійного призначення в умовах можливості зовнішнього ураження.

Проектування споруд цивільного захисту населення в Україні сьогодні здійснюється з додержанням відповідних нормативних актів [1], [2]. Ці нормативні документи присвячені, в основному, проектуванню і будівництву споруд цивільного захисту колективного призначення великої місткості.

Термінове розгортання сучасної мережі захисних споруд цивільного захисту, спроможних значно підвищити рівень захисту громадян, передбачає Закон України № 2486-IX від 29.07.2022 р. «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій». Цим документом передбачається обов'язкове будівництво надійних укриттів у відбудованих та нових будинках з урахуванням необхідних інженерно-технічних заходів цивільного захисту [3].

Не зважаючи на наявність норм, які регламентують створення у складі житлових будинків захисних приміщень подвійного призначення, на сьогоднішній день відомо, що зведені житлові будинки або не мають відповідних захисних приміщень, або в них не забезпечені умови для перебування людей під час небезпеки. Тож, їх мешканці у разі виникнення небезпеки мають

користуватися колективними сховищами цивільного захисту, які побудовані за радянських часів і не завжди знаходяться в задовільному стані, а також знаходяться поза зоною швидкого доступу до них. Тож, на сьогодні, більшість українців не має змоги захистити себе бід час небезпеки, і або ігнорує сигнали повітряної тривоги, або у крайньому разі, керується правилом «двох стін» та намагається знайти більш безпечні місця у своїх квартирах, що не гарантує безпеку під час повітряних ударів.

Метою даного дослідження є розробка архітектурно-конструктивного рішення форми захисту цивільного населення в багатоповерховому житловому будинку шляхом створення безпечного простору миттєвої доступності.

Основними видами захисних споруд є [4]: спеціальні захисні споруди, такі, як сховище або протирадіаційне укриття; не спеціальні споруди - до яких відносяться споруди подвійного призначення, найпростіші укриття.

Індивідуальні укриття, почали будувати, ще під час Другої Світової Війни у Великій Британії. Це швидко споруджувані найпростіші укриття, які захищали від уламків снарядів і вибухової хвилі. Особливої популярності набули укриття Андерсона, Стентона, Сховище Моррісона [5], [6]. Такі укриття могли вмістити одну або декілька осіб, до шести, і використовувались майже в кожному домогосподарстві.

Ще одним цікавим рішенням Другої Світової Війни є досвід проектування і будівництва башт-бомбосховищ за проектами Лео Вінкеля и Пауля Цомбека (Німеччина) [7]. Башти-укриття – це наземні споруди, які призначалися для захисту персоналу великих промислових підприємств та важливих установ на території Німеччини, а також для населення будинків, які розташовані поряд. Їх конструктивною особливістю є конусоподібна форма споруди, невеликі розміри в плані до 30 м в діаметрі, що робить її менш вразливою під час повітряних атак, товсті стіни від 1,5 м у основі будівлі, до 1,0 в верхній частині будівлі. На думку архітектора Лео Вінкеля, стійкість таких веж до авіабомб достатньо висока, завдяки своїй конусній формі і невеликим розмірам в плані.

Сучасні бомбосховища – це захисні споруди колективного або індивідуального призначення, які оснащені різними автономними інженерними системами для захисту населення від різних видів небезпеки протягом певного періоду часу. Значну увагу питанням будівництва і експлуатації СЦЗ приділяють такі країни, як Швейцарія, Фінляндія, Ізраїль, Сінгапур. При цьому, в Ізраїлі і Сінгапурі більшої популярності набули саме індивідуальні укриття. В цих країнах прийнято низку нормативних актів, які передбачають особливості проектування та будівництва захисних споруд цивільного населення, відповідно до яких кожна будівля повинна мати свій тип сховища.

Відповідно до Закону про укриття цивільної оборони Сінгапуру з 1997 року всі нові будинки повинні мати укриття побудоване в будинку, або вбудоване в забудову. Особливостями такого побутового (household shelter) /поверхового (storey shelter) укриття є посилені за рахунок збільшення товщини конструкції стін і перекриттів, відділення цих приміщень від фасаду будівлі, та використання дверей з захисної сталі. Матеріал для таких укриттів – армований бетон. Технічні вимоги до проектування таких укриттів регламентують розташування укриття в просторі помешкання, а також відстані до зовнішніх конструкцій будівлі. Такі укриття забезпечують захист жителів від впливу зброї, вибухів і осколків, під час надзвичайної ситуації. Найбільшою перевагою таких укриттів є їх доступність [8].

Сьогодні в Україні часто говорять про досвід Ізраїлю щодо захисту населення. В Ізраїлі розрізняють 3 типи сховищ: безпечна кімната МаМад (merhav mugan dirati – "захищений простір квартири") - індивідуальна кімната в помешканні; поверхові укриття Мамак – спільне укриття в багатоквартирному будинку, захисне укриття в цивільних будівлях Маман – використовується в громадських будівлях [9]. Варто також зазначити, що в Ізраїлі в новітніх житлових будівлях, вже майже відмовились від підземних громадських бомбосховищ на користь окремих безпечних кімнат. Таке рішення викликане багатьма факторами, але основне - це раціональна оцінка найрозповсюджених загроз при бомбардуванні, а також врахування часу для укриття цивільного населення у реальних умовах. Мінімальний розмір безпечної кімнати становить не менше 9 м², висота стелі не менш 2,5 м. В мирний час кімнатами безпеки користуються, як звичайним приміщенням, там розміщують кабінети, технічні приміщення, серверні або дитячі спальні,

забороняється влаштовувати в таких кімнатах кухні і санвузли.

Спираючись на досвід минулого і сучасності розроблені проектні рішення універсальної «капсули безпеки» місткістю на 10 і 20 осіб з детальним плануванням внутрішнього простору для багатоповерхових житлових будинків, з урахуванням уніфікація всіх розмірів (рис. 1). Капсула безпеки складається з основного приміщення із двох'ярусним розміщенням, при якому місця для лежання складають 20% від наявних місць, і допоміжних приміщень – санвузол і приміщення для додаткового обладнання і зберігання запасів їжі і води. Особливістю конструктивного рішення є криволінійна форма зовнішнього огороження капсули безпеки, яка дозволяє краще сприймати навантаження від вибухової хвилі і попадання снарядів. Розміщення безпечних просторів передбачається на кожному поверсі в ліфтово-сходовій зоні будинку (рис. 2).

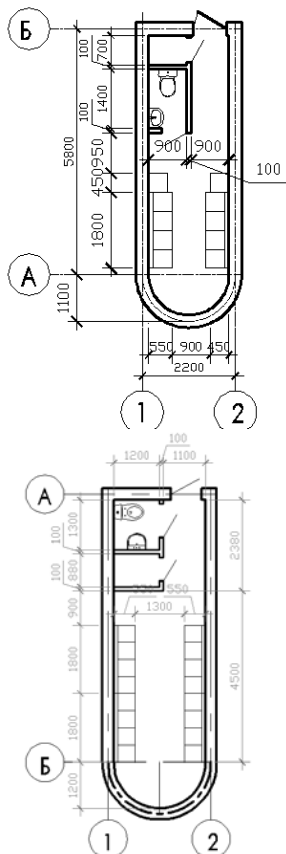


Рис. 1. Капсула безпеки на 10 осіб і 20 осіб

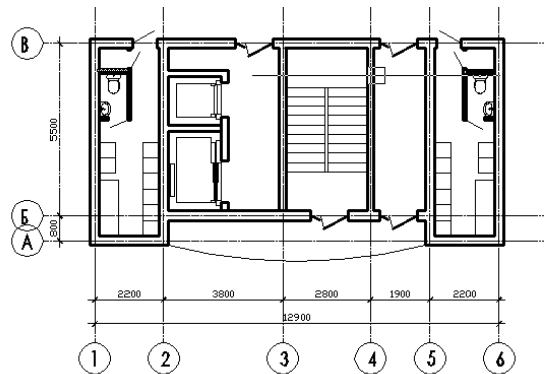


Рис. 2. Розміщення «капсул безпеки» в планувальній структурі будинку

Здійснено інтегрування розроблених варіантів капсул безпеки в архітектурно-планувальну структуру будівель на прикладі типової секції 12-ти поверхового житлового будинку на 60 квартир (рис. 3) і двохсекційного 16-ти поверхового житлового будинку за запроєктованого за індивідуальним проектом на 126 квартир (рис. 3).

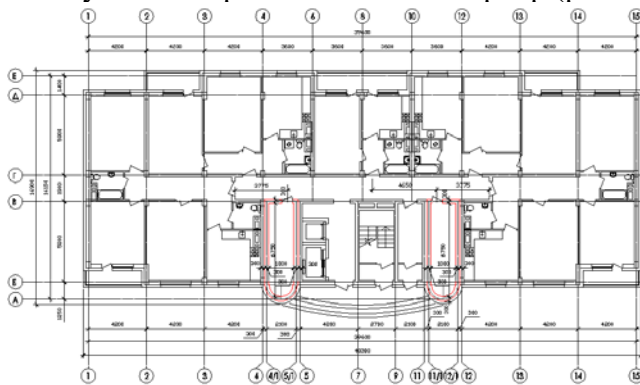


Рис. 3. Інтегрування капсули безпеки в архітектурно-планувальну структуру 12-ти поверхового житлового будинку



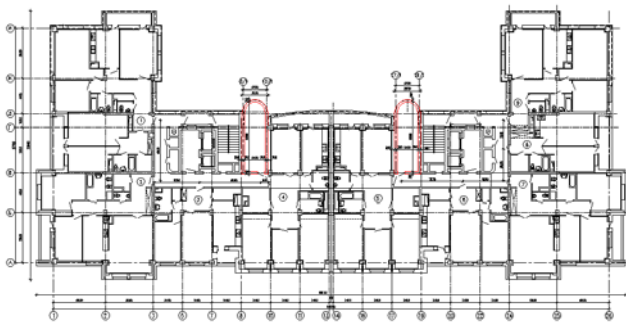


Рис. 4. Інтегрування капсули безпеки в архітектурно-планувальну структуру 16-ти поверхового житлового будинку

Перевагами розробленого проектного рішення є:

- швидкий доступ до укриття для мешканців будинку, капсула безпеки знаходиться на кожному поверсі будівлі і розрахована на кількість мешканців;
- конструктивна незалежність – конструктивні елементи капсули безпеки є незалежними від інших конструктивних елементів будівлі (мають свої стіни, перекриття, виконані із армованого бетону), в просторовому рішенні будівлі розташовуються суміжно до сходово-ліфтового вузла, який є діафрагмою жорсткості в кожній будівлі.
- функціональна незалежність – капсули безпеки мають індивідуальні інженерні мережі, які приєднуються до централізованих систем, а на випадок аварійних ситуацій, додатково оснащені акумуляторами для автономного електропостачання, вентиляційною системою з очищенням повітря і мають запас води із розрахунку на 3 доби на кількість користувачів.
- адаптованість в архітектурно-планувальну структуру будівлі і адаптивність в конструктивну, функціональну та архітектурно-планувальну організацію проектних рішень житлових будинків підвищеної поверховості – запропоновані капсули безпеки запроектовані таким чином, що їх легко застосувати для будь-якої планувальної структури будівлі, мають уніфіковані розміри.

Список літератури

1. ДБН В.2.2-5-97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. [Чинний від 1998-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1998. 119 с. (Державні будівельні норми).
2. ДБН В.1.2-4-2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (ДСК). [Чинний від 2019-08-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2019. (Державні будівельні норми).
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій: Закон України від 29 липня 2022 року № 2486-IX: станом на 18 берез. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text> (дата звернення: 20.05.2023).
4. Кодекс цивільного захисту України. 02.10.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення: 20.05.2023).
5. “Укриття Андерсона”: конструктивно прості бомбосховища, які рятували британців від бомбардувань. URL: <https://cubik.com.ua/ukryttya-andersona-konstruktyvno-prosti-bomboshovyshha-yaki-ryatuvaly-brytancziv-vid-bombarduvan/> (дата звернення: 20.05.2023).
6. Сховище Моррісона – проста конструкція, що врятувала тисячі життів. URL: <https://autostrike.com.ua/statti/tekhno/skhovyshche-morrisona-prosta-konstruktsiia-shcho-vriatuvala-tysiachi-zhyttiv/> (дата звернення: 20.05.2023).
7. Башти-бомбосховища проекту Вінкеля у Німеччині 1936-1945. URL: <http://army.armor.kiev.ua/fort/winkel-01.php> (дата звернення: 20.05.2023).
8. Technical requirements for household shelters. Штаб цивільної оборони Сінгапуру. URL: [https://www.scdf.gov.sg/docs/default-source/scdf-library/fssd-downloads/technical-requirements-for-household-shelters-\(hstr\)-2017_updated-28-may-2018.pdf](https://www.scdf.gov.sg/docs/default-source/scdf-library/fssd-downloads/technical-requirements-for-household-shelters-(hstr)-2017_updated-28-may-2018.pdf) (дата звернення: 20.05.2023).
9. Кімнати безпеки та їх призначення при інсталяції в багатоповерхових будинках. URL: <https://ukryttia.com.ua/gotov%D1%96-r%D1%96shennya/dlya-bagatokvartirmix-budink%D1%96v.html> (дата звернення: 20.05.2023).

ARCHITECTURAL AND PLANNING SOLUTIONS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS WITH SAFETY CAPSULES

Mykola Savytskyi, Grigoriy Nevgomonnyj, Maryna Bordun, Oleksandr Denysenko

Abstract. To ensure the proper level of population safety, an architectural and structural solution has been developed for providing instant accessibility and protection for civilians in multi-story residential buildings. The paper analyzes the experience of designing and constructing civil defense structures in the past and present. The developed design solutions include a universal safety capsule with detailed interior planning for multi-story residential buildings. The integration of the proposed solutions into the architectural and spatial structure of the buildings has been carried out. The safety capsules offer quick access for residents, structural and functional independence, and adaptability to the building structure. All the developed design solutions comply with current regulatory requirements, taking into account the economic utilization of internal volumes and areas, while ensuring the safety and comfort of residents in emergency situations.

Keywords: civil defense structures; shelters; safe space; population protection; floor-level shelters.

УДК 69

Технології і організація відновлення пошкоджених і зруйнованих об'єктів інфраструктури України в результаті війни

Савицький М.В.¹, Радкевич А.В.², Савицький О.М.², Пшінько П.О.¹.

1 - Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна

2 - Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна

Анотація. В результаті підступно розв'язаною війною росії проти України тисячі об'єктів інфраструктури зруйновані або пошкоджені. Без сумніву, Україна переможе в цій війні, оскільки ми боремося за право на життя, свободу і незалежність. Уже сьогодні звільнені від окупантів території країни з руйнуваннями житлових і цивільних будівель, інфраструктурних об'єктів потребують відновлення. За даними українського уряду, для відновлення після війни Україні потрібно щонайменше \$750 млрд, 10-50 років інтенсивної роботи. В Україні розроблено урядовий План відновлення України. План відновлення України спрямований на прискорення стійкого економічного зростання. Нами розроблена Програма «Регенеративне індустріальне будівництво (відновлення зруйнованих) об'єктів соціальної інфраструктури України за технологіями рециклінгу і розподіленої енергетики», яка конкретизує Національні програми Плану відновлення України. Програма розроблена для допомоги місцевим органам влади, територіальним громадам у яких об'єкти житлово-соціальної інфраструктури зазнали пошкодження або руйнувань в результаті російської збройної агресії, для прийняття рішень щодо планування і виконання відновлюваних робіт і розвитку територій. Програма включає технології і організацію відновлювальних робіт об'єктів інфраструктури України

Ключові слова: руйнування; пошкодження; ремонт; рециклінг; технології; організація.

Війна, що підступно розв'язана росією проти України, продовжується. Російська збройна агресія проти України включає: збройне вторгнення Росії до Криму 20 лютого 2014 року, війну на сході України (на Донбасі) з квітня 2014 року, повномасштабне вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 року.

Війна принесла численні людські жертви. З 24.02.2022 по 20.02.2023 вбито 9655 цивільних осіб, серед них 461 дитина, поранено 12829 осіб, серед них 926 дітей. Правозахисники стверджують, що до Росії примусово вивезли до 700 тисяч українських дітей. Викрадення молодих українців росією є злочином геноциду.

Масштаби руйнування цивільної інфраструктури станом на 20.02.2023 оцінюються в 81305 знищених та пошкоджених об'єктів. Знищено понад 44 мільйони квадратних метрів житлового фонду на 39,3 мільярда доларів. В результаті російської збройної агресії проти України на

01.06.2022 Україна втратила 35 відсотків ВВП, а прямі збитки від війни вже перевищують 600 мільярдів доларів. Світовий банк оцінив збитки України від війни в 350 млрд (на 01.06.2022).

Але війна все одно завершиться нашою перемогою і буде потрібно відновлювати країну. В Україні розроблено урядовий План відновлення України. Візія відновлення України: «Сильна європейська країна – магніт для іноземних інвестицій». План відновлення України спрямований на прискорення стійкого економічного зростання. В рамках плану визначено перелік 17 Національних програм для досягнення ключових результатів. Серед Національних програм 5 із них безпосередньо торкаються будівельного сектору економіки: Зміцнення оборони і безпеки; Відбудова чистого та захищеного середовища; Енергетична незалежність та Зелений Курс; Відновлення та модернізація житла та інфраструктури регіонів; Відновлення та модернізація соціальної інфраструктури.

Ключову роль у відновленні України буде відігравати будівельна галузь. Відомо, що рівень розвитку будівництва говорить про економічний розвиток країни та рівень життя її населення. Частка будівництва у ВВП України у 2010 році становила 8%, сьогодні – трохи більше 2%. У країнах ЄС, за даними 2019 року, галузь забезпечує 9% ВВП. Будівництво за три місяці війни скоротилося на 70%, вартість будівництва зросла на 20% [1].

Проблемам реконструкції і відновлення будівельних об'єктів присвячені роботи відомих українських вчених [2], [5].

Нами розроблена Програма «Регенеративне індустріальне будівництво (відновлення зруйнованих) об'єктів соціальної інфраструктури України за технологіями рециклінгу і розподіленої енергетики», яка конкретизує Національні програми Плану відновлення України. Програма розроблена для допомоги місцевим органам влади, територіальним громадам у яких об'єкти житлово-соціальної інфраструктури зазнали пошкоджень або руйнувань в результаті російської збройної агресії, для прийняття рішень щодо планування і виконання відновлюваних робіт і розвитку територій. Програма включає технології і організацію відновлювальних робіт об'єктів інфраструктури України.

Основні особливості Програми:

1. Орієнтація на малоповерхове будівництво. Енергоефективна реконструкція. Будівлі три нулі – нуль енергії, нуль викидів, нуль відходів.
2. Індустріальні (заводського виготовлення) архітектурно-конструктивно-технологічні системи будівель для забезпечення високих темпів будівництва.
3. Технології рециклінгу (повторного використання) матеріалів зруйнованих будівель і споруд.
4. Створення мережі розподілених невеликих індустріальних виробництв, наближених до місць районів руйнувань і будівельних майданчиків для раціоналізації транспортних затрат.
5. Використання розподілених (децентралізованих) енергетичних систем з використанням відновлюваних джерел енергії з метою забезпечення автономного виробництва.

Організація виконання етапів Програми:

1. Оцінка обсягу руйнувань об'єктів соціальної інфраструктури окремого регіону чи міста України внаслідок війни.
2. Діагностика та оцінка локальних масштабів руйнування об'єктів соціальної інфраструктури робототехнічними та ІТ-технологіями для вибору машин і механізмів для демонтажу зруйнованих об'єктів.
3. Діагностика та оцінка технічного стану пошкоджених будівель і споруд для розробки технологій капітального ремонту, підсилення, реконструкції конструктивних елементів споруд.
4. Розробка детальних місцевих програм відновлення зруйнованих об'єктів соціальної інфраструктури із залученням органів місцевої влади та територіальних громад.
5. Розробка детальних планів територій (ДПТ) - містобудівної документації місцевого рівня та документації із землеустрою, яка визначає планувальну організацію та забудову території.
6. Проектування об'єктів житлово-соціальної інфраструктури з розробкою кошторисної документації для визначення необхідних обсягів фінансування.
7. Відновлення пошкоджених будівель і споруд у неаварійному технічному стані (капітальний ремонт, підсилення, реконструкція).

8. Розбирання будівель і споруд, що знаходяться в аварійному технічному стані та повністю зруйновані.

9. Створення розподілених енергетичних систем виробництва, перетворення, зберігання та використання енергії для виробничого процесу.

10. Будівництво локальних технологічних ліній для виготовлення індустріальних елементів і конструкцій будівель.

11. Визначення будівельних організацій для виконання будівельних робіт.

12. Відновлювальне будівництво (відновлення зруйнованих) об'єктів соціальної інфраструктур

Реконструкція пошкоджених і нове житлове будівництво має відбуватись відповідно з урахуванням адаптації до кліматичних змін, Зеленого курсу, наявності громадських просторів спільного користування, доступності маломобільних груп населення до основних публічних, культурних, торговельних послуг, відпочинку та оздоровлення з врахуванням основних положень Нового урбанізму, дотримання вимог безпеки і захисту населення.

Відбудова зруйнованого потребуватиме багато будівельних матеріалів і конструкцій. Враховуючи величезні обсяги руйнувань будівельних об'єктів необхідно використати технології рециклінгу матеріалів, таких як бетон, цегла, скло, арматура. Для цього доцільно використовувати мобільні лінії, що включають обладнання для руйнування і розбирання будівель, дробарки різного виду, механізми для вилучення арматури і закладних деталей залізобетонних конструкцій, обладнання для розсіву і фракціонування матеріалів. Це дасть змогу використати місцеву сировину та дати робочі місця тим людям, які залишились після війни без роботи.

Відбудова житлових будівель і об'єктів соціальної інфраструктури повинно відбуватися на індустріальній основі для забезпечення високих темпів відбудови. Для цього має бути визначено місця розміщення нових індустріальних виробництв, виходячи із близькості сировини і місць відбудови [6].

Для відновлення України потрібні кваліфіковані людські ресурси. Проте демографічна ситуація в Україні надзвичайно складна. Вражає динаміка зміни чисельності населення України, млн. осіб: 1993 рік – 52,2; 2014 рік – 45,4; 2021 рік – 41,6; 2022 – 14,5 залишили Україну; 4,7 внутрішньо переміщені особи. Згідно даних Єдиного державного демографічного реєстру загальна кількість осіб на 16.05.2023 складає 23,4 млн. Наразі у галузі будівництва зайнято 250 - 260 тис. осіб. Але щоб відбудувати все зруйноване в Україні, знадобиться до мільйона людей. Для вирішення кадрової проблеми пропонується на базі мережі закладів ПТО відкрити короткотермінові практичні курси для робітників будівельної сфери, аби швидко отримати відповідно кваліфікованих працівників.

Втрати генерації електроенергії України оцінюються в 40%. Загальні втрати енергетичних об'єктів складають: 75% ТЕС, 44% атомна енергетика, 33% ТЕЦ, 90% вітрова енергетика, 30% сонячна енергетика. Набутий за час війни досвід засвідчує, що для забезпечення надійності енергопостачання необхідні розподілені або децентралізовані джерела енергії і системи зберігання енергії. Потрібна максимальна переорієнтація із традиційного газопостачання на електроенергетику – атомна енергія з використанням малих модульних реакторів і плюс зелена енергія з використанням відновлюваних джерел енергії. Малі модульні реактори (ММР) – це нова технологія, що розвивається в усьому світі [6]. Малими їх називають через відносно невеликі потужність, до 300 МВт проти 950 МВт на АЕС, та розміри. Якщо традиційний реактор займає площу близько 400 тис кв м, то ММР – 40 тис кв м.

ММР можна використовувати для виробництва базової електроенергії, тепла для міст-супутників, а також як маневрову потужність для "зеленої" енергетики.

Для реалізації Програми «Регенеративне індустріальне будівництво (відновлення зруйнованих) об'єктів соціальної інфраструктури України за технологіями рециклінгу і розподіленої енергетики» необхідне наступні машини [3], механізми та обладнання:

1. Прилади для діагностики будівельних конструкцій.
2. Обладнання для ремонту і підсилення конструкцій.
3. Обладнання для демонтування конструкцій

4. Обладнання для вилучення арматури, дроблення, розсіву, миття рециклінгових заповнювачів.
5. Лабораторне обладнання для підбору складів і дослідження бетонів.
6. Обладнання для приготування бетону.
7. Технологічне обладнання для збірного залізобетону з інтелектуальними системами управління.
8. Швидкозбірні виробничі приміщення.
9. Мобільні енергетичні установки для генерації, трансформації, зберігання енергії.
10. Комп'ютерна техніка і програмні продукти для геопросторового і об'ємного проектування будівель і споруд, мережевих і будинкових інженерних систем життєзабезпечення.
11. Геодезичне обладнання для прив'язки будівель і споруд на місцевості.
12. Будівельна техніка для виконання будівельних робіт.

Відбудова країни після війни буде великим викликом для нашої держави у її історії. Відновлення України – це не відбудова України до передвоєнного стану, це всеосяжна трансформація, глибока модернізація країни. Саме тому будівельна галузь України повинна бути локомотивом інноваційної перебудови інфраструктурних об'єктів. Основними критеріями оцінки цього процесу будуть якість та швидкість відбудови. Досягнути цього можливо через впровадження сучасних методів будівництва з використанням будівельних виробів індустріального (заводського) виготовлення у поєднанні з найсучаснішими підходами проектування на основі BIM-технологій [7].

Список літератури:

1. M. Savytskyi. The state of the construction industry in Ukraine and promising for its development/ Conference Proceedings ICCX Central Europe 2023, 08-09 March 2023, Warsaw, Poland.- P.19.
2. 2.Технологія спеціальних робіт [Текст]: навчальний посібник / О.М. Пшінько, А.В. Радкевич, М.І. Нетеса, А.М. Нетеса – Дніпро: Видавництво ПП «Крос-Принт», 2020. – 430 с.
3. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
4. Топалов М. Міні-АЕС для України: чи врятують країну малі модульні реактори, про які згадував Зеленський /електронний ресурс/ <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/11/18/693990/>.
5. Савйовський В.В.Реконструкція будівель та споруд. Навчальний посібник – К.: Ліра, 2020. – 320 с.
6. Хомайко В. Як технології пришвидшують відбудову? Тренди будівництва у часи війни /електронний ресурс/ <https://blog.liga.net/user/vkhomaiko/article/49856>.
7. BIM-проекування в будівництві /електронний ресурс/ <https://vs-pro.com/ua/no-category/tehnologija-informacionnogo-modelirovaniya-stroitelstva/>.

TECHNOLOGIES AND ORGANIZATION OF RESTORATION OF DAMAGED AND DESTROYED INFRASTRUCTURE OBJECTS OF UKRAINE AS A RESULT OF THE WAR

Mykola Savytskyi, Anatolyi Radkevich, Oleksandr Savytskyi, Pavlo Pshinko

Abstract. *As a result of russia's insidious war against Ukraine, thousands of infrastructure facilities were destroyed or damaged. Without a doubt, Ukraine will win this war, because we are fighting for the right to life, freedom and independence. Already today, the territories of the country freed from the occupiers with the destruction of residential and civilian buildings, infrastructure facilities need restoration. According to the Ukrainian government, to rebuild after the war, Ukraine needs at least \$750 billion, 10-50 years of intensive work. In Ukraine, the Government Plan for the Recovery of Ukraine has been developed. Ukraine's recovery plan is aimed at accelerating sustainable economic growth. We have developed the Program "Regenerative industrial construction (restoration of destroyed) objects of the social infrastructure of Ukraine using recycling and distributed energy technologies", which specifies the National Programs of the Recovery Plan of Ukraine. The Program is designed to help local authorities, territorial communities in which housing and social infrastructure objects were damaged or destroyed as a result of Russian armed aggression, to make decisions regarding the planning and implementation of restoration works and the development of territories. The Program includes technologies and organization of restoration works of infrastructure objects of Ukraine.*

Keywords: *destruction; damage; repair; recycling; technologies; organization.*

УДК 681.52:[004.896+004.94]

Інтелект технічного об'єкту на прикладі двомасової пружної системи

Узунов О.В.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

***Анотація.** Робота спрямована на підвищення точності моделювання дії об'єктів за рахунок їх більш детального розуміння і побудові моделей, які враховують конфігурацію і асинхронність процесів. В основу моделі покладено гіпотезу, що технічні об'єкти мають інтелект. Гіпотеза ґрунтується на факті, що функціонування об'єкту має бути підпорядкованим фізичним законам зовнішнього світу, які відображені в його моделі математичними залежностями. Дія об'єкту з одного боку, є регламентованою штучним алгоритмом, закладеним в нього проектувальником, а, з іншого боку, є вільною, але в межах фізичних законів. Інтелект об'єкту керує координацією дій у відповідності до алгоритму і дотриманням законів. Задачами побудови моделі процесів на основі інтелекту об'єкту є розуміння алгоритму, змісту дій, формування математичних описів задіяних законів та їх поєднання в загальний процес, який і представляє інтелект об'єкту. Рішення задачі проілюстровано на прикладі моделі двомасової пружної системи.*

Ключові слова: математична модель; технічні об'єкти; робочі процеси; інтелект.

Моделювання робочих процесів в технічних об'єкта давно стало невід'ємною частиною їх проектування. Особливістю технічних об'єктів є значна кількість елементів і зв'язків між ними. Однак складність їх проектування полягає саме в налаштуванні робочих процесів, які відбуваються в середині об'єкту. Процеси математично представляються системами алгебро диференційних рівнянь [1-3]. Аналітично такі системи не вирішуються, і тому рішення шукають за допомогою чисельних методів. Математична модель представляється за допомогою двох частин, які при своїй взаємодії з певною точністю моделюють робочі процеси. Задача побудови моделі в цьому випадку розділяється на дві частини. Перша – побудова математичного опису процесів в об'єкті. Друга – вибір чисельного методу та його поєднання з математичним описом. При цьому точність результатів моделювання залежить як від коректності побудови математичного опису, так і від точності вибраного чисельного методу. На сьогодні існує значна кількість чисельних методів вирішення диференційних рівнянь. В сучасних дослідженнях для підвищення їх точності навіть використовують багатокрокові глибокі нейронні мережі [4]. В той же час, побудова математичних описів потребує достатньо високої кваліфікації розробників, яка, все одно, не гарантує отримання коректного результатів моделювання. Причиною є складність процесів в об'єктах і складність перевірки коректності математичного опису в процесі побудови моделі.

На наш погляд, зміна концепції побудови і розуміння математичних моделей дозволить додати інструменти для контролю при їх формуванні і підвищити їх наближеність до реальних процесів.

Для цього запропоновано гіпотезу, що технічний об'єкт має свій інтелект. Слід зауважити, що маємо на увазі не вже традиційний штучний інтелект (ШІ), а саме інтелект технічного об'єкту. Гіпотеза ґрунтується на факті, що об'єкт в процесі функціонування має бути підпорядкованим фізичним законам зовнішнього світу. Ці закони відображені в моделі об'єкту математичними залежностями. Дія об'єкту з одного боку, є регламентованою штучним алгоритмом, закладеним в нього людиною при проектування, а, з іншого боку, є вільною, але в межах фізичних законів. Інтелект об'єкту керує координацією змістовних дій у відповідності до алгоритму і виконанням законів. Задачею побудови моделі процесів в об'єкті на основі його інтелекту є розуміння алгоритму, змісту дій, математичних описів актуальних законів та їх поєднання в загальний процес, який і представляє інтелект об'єкту.

Вирішення такої задачі потребує більш глибокого розуміння процесів в об'єкті. Збільшення глибини можна досягти шляхом деталізації процесу на фрагменти. Чим на більш ранньому етапі розроблення моделі цю деталізацію можна виконати і забезпечити в подальших кроках нашарування змістовної інформації, зі збереженням зв'язків між елементами, тим коректніше і точніша модель може бути отримана.

Розглянемо для прикладу двомасову пружну систему (рис.1). Задача полягала в моделюванні динамічних процесів, які виникають в такій системі при збудженні зовнішнім коливальним сигналом, що діє на т. А. Схема (рис.1) відображає початкову інформацію про принцип дії системи. Керуючись гіпотезою про існування інтелекту, спробуємо побудувати його модель. При цьому використовуємо інструмент деталізації. На схемі (рис.1) крім принципу дії також показано символи типових елементів, які задіяні в процесі роботи системи. Застосування цих символів дозволяє з'ясувати які типи елементів працюють в об'єкті, а їх поєднання між собою у відповідності до принципової схеми (рис.1) дозволяє деталізувати її до схеми принципу дії (рис.2).

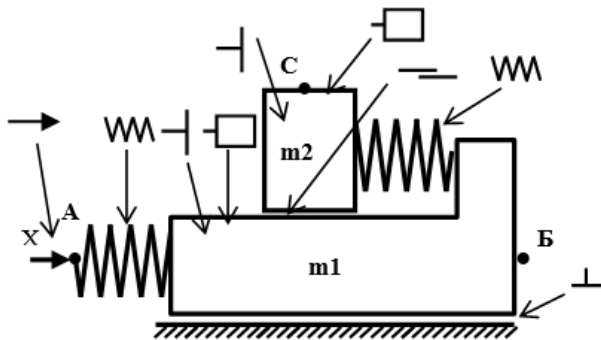


Рис. 1. Схема двомасової пружної системи

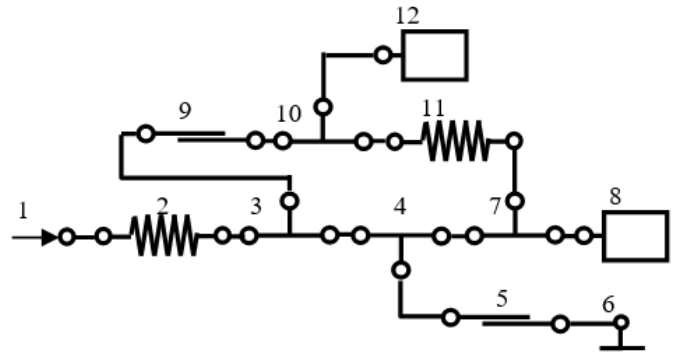


Рис. 2. Детальна схема принципу дії

Детальна схема (рис.2) містить символи типових елементів, які, з одного боку, відображають принцип своєї дії, який має і змістовне наповнення, наприклад, символ «пружина», має змістовне наповнення – «перетворювати деформацію в силу», та «опиратися деформації», а, з іншого боку, вони мають зв'язки з іншими елементами. Це дозволяє перейти на наступний шар моделі і визначити структуру процесу функціонування (рис.3). Цифрами в структурі позначено зміст відповідної дії з врахуванням контексту їх активізації. Наприклад, дія «2» описує перетворення деформації в силу, а дія «2-» позначає виникнення сили опору деформації. Цей шар моделі дозволяє перейти на наступний її шар, деталізуючи кожен зміст дії кожного елемента до математичного опису. Наприклад, математичний опис дії пружини має вигляд (1)

$$\begin{aligned} \text{"2"}: f_{12} &= c_p \cdot (h_{11} - h_{21}); \\ \text{"2-"}: f_{21} &= f_{12}. \end{aligned} \quad (1)$$

Слід зауважити, що в загальному математичному описі процесу, який відповідає структурі (рис.3) кожен з цих описів має своє місце, яке враховує і логіку взаємодії елементів. Наступний шар моделі отримано шляхом деталізації математичного опису до програмних кодів в операційному середовищі комп'ютера. Цей шар вже представляє повноцінну математичну модель процесу функціонування, яку можна вважати інтелектом об'єкту. Під таким кутом зору, інтелект об'єкту це - полі циклічна структура, яка містить замкнені синхронні та асинхронні процеси. Кожна дія в процесах ґрунтується на математичному представленні фізичного закону, який відтворюється в об'єкті його типовими елементами. Задаючи значення параметрів елементів і запустивши часовий вимір спостереження, маємо можливість взаємодіяти з інтелектом об'єкту та отримувати відповіді у вигляді змодельованих процесів. Для прикладу наведено результати моделювання двомасової пружної системи при синусоїдальному законі переміщення т.А. (рис.4).

Підтвердження коректності виконано на моделі одномасової пружної системи в резонансному режимі. Отримане значення резонансної частоти для моделі порівнювалось зі значенням, розрахованим аналітичним шляхом. Похибка становила менше 0.5%.

Висновки. Математична модель, яка отримана шляхом пошарової деталізації принципу дії об'єкту, дозволяє наблизити її роботу до реальних процесів. При цьому, модель у формі замкнених полі циклічних процесів, зміст кожної дії яких ґрунтується на фізичних законах, і яка є самодостатньою для моделювання дії об'єкту, може трактуватися як інтелект технічного об'єкту.

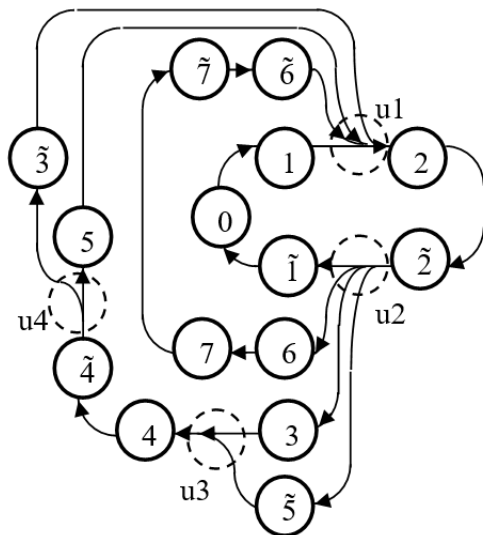


Рис. 3. Структура процесу функціонування двомасової пружної системи

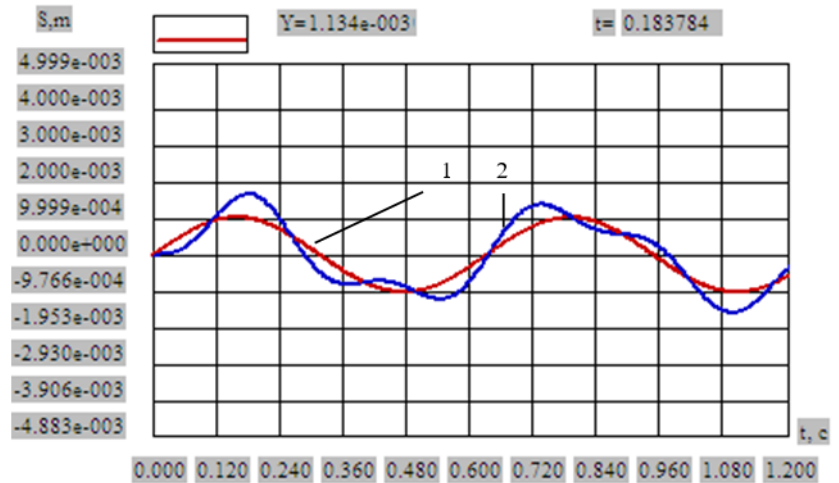


Рис.4. Графіки процесів в двомасовій пружній системі для наступних параметрів $c_1=30000$, $m_2=1.0$, $b_6=0.06$, $b_3=0.06$, $m_4=0.2$, $c_5=30$, $L_{10}=0.09$, $L_{50}=0.04$, $L_1=L_{10}$, $L_5=L_{50}$, $c_1=300$, $c_2=300$, $w=10$, $t_k=1.2$ с. (1 – переміщення точки А, 2 – переміщення т. С на масі m_2)

Список літератури

1. Licsko, G., Champneys, A., Hos, C.: Dynamical analysis of a hydraulic pressure relief valve. In: Proceedings of the World Congress on Engineering, vol. 2 (2009).
2. Fundamentals of Modeling and Analyzing Engineering Systems by Philip D. Cha, James J. Rosenberg, Clive L. Dym. Cambridge University Press, New York, 2000 ISBN 052159443X.
3. Orlikowski, C. Port-based modeling of distributed-lumped parameter systems/ C. Orlikowski, R. Hein //The 5-th International Conference "Mechatronic Systems and Materials", MSM -2009/ - 22-25 October 2009/ - Vilnius, Lithuania. - Abstracts. - P.29-31.
4. Danang A. Pratama; Maharani A. Bakar. Simulation of coupled spring-mass system using modified multistep deep neural networks/ Danang A. Pratama; Maharani A. Bakar//1st international postgraduate conference on ocean engineering technology and informatics 2021 (IPCOETI 2021) - 21 June 2021/ Kuala Terengganu, Malaysia.

INTELLIGENCE OF A TECHNICAL OBJECT ON THE EXAMPLE OF A TWO-MASS ELASTIC SYSTEM

Oleksandr Uzunov

Abstract. The work is aimed at increasing the accuracy of the object's action simulation due to their more detailed understanding and development of models that take into account the configuration and asynchrony of processes. The model is based on the hypothesis that technical objects have intelligence. The hypothesis is based on the fact that the object functioning must be subject to the physical laws of the external world, which are reflected in its model by mathematical dependencies. The object's action, on the one hand, is regulated by an artificial algorithm embedded in it by a designer, and, on the other hand, it is free, but within the limits of physical laws. The object intelligence manages the coordination of actions in accordance with the algorithm and compliance with the laws. The building a model's processes tasks based on object's intelligence are to understand the algorithm and the content of actions, forming of mathematical descriptions the laws involved and their combination into a general process, which represents the object's intelligence. The solution to the problem is illustrated on the example of a model of a two-mass elastic system.

Keywords: mathematical model; modeling; technical objects; work processes; intelligence.

УДК 69.059.64

Огляд технологій переробки відходів будівельної галузі і можливість їх використання при переробці зруйнованих будівель і споруд

Дьяченко О.С., Анопко А.Є., Гох В.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Застарілість житлового фонду в Україні та велика кількість будівель і споруд, які були знищені або пошкоджені внаслідок військової агресії РФ, призводить до необхідності пошуку рішень, які б дозволяли швидко і з мінімальними витратами фінансів і часу виконувати сортування будівельних відходів, його транспортування, переробку і повторне використання продуктів переробки. У роботі оглянуто будівельні відходи, які утворюються у процесі технічного обслуговування, відновлення і розбирання будівель і споруд, наведено напрямки використання основних складових будівельних відходів – залізобетонних і бетонних виробів і конструкцій. Проаналізовано основні фактори, при яких доцільно використовувати технологічне обладнання для подрібнення, сортування і очищення. Визначені нюанси, які варто враховувати при його підборі і використанні. Таке дослідження має на меті оглянути ланцюг основних етапів переробки і визначити технологічне устаткування, яке при цьому використовується.

Ключові слова: переробка; будівельні відходи; обладнання; реконструкція; сортування

При проведенні процедур з оновлення застарілих будівель і споруд, таких як технічне обслуговування, модернізація, відновлення, ремонт і реставрація у будь-якому випадку виникає велика кількість будівельних відходів. Те саме відбувається і при оновленні житлового фонду, шляхом знесення застарілих будинків і зведенні нових і сучасних.

Відсоток будівельних відходів, які переробляються на вторинну сировину в Україні не оцінений і досі. Однак відсоток перероблених в Україні твердих побутових відходів, до яких відносяться і будівельні відходи, станом на 2019 рік склало лиш 4,6% від загальної кількості[1]. У іншому джерелі станом на 2022 рік відсоток перероблених твердих побутових відходів від загальної кількості – 3,2%[2].

Будівельні відходи в Україні у більшості випадків потрапляє на сміттєзвалища або полігони твердих побутових відходів(ТПВ). За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства в Україні станом на грудень 2020 року налічується 5455 сміттєзвалищ і полігонів ТПВ загальною площею понад 8,5 тисяч гектарів без врахування стихійних сміттєзвалищ ТПВ.

Проблематика виникнення будівельних відходів стає ще більш гострою у зв'язку як глобальною застарілістю житлового фонду в Україні, так і у зв'язку з масовим руйнуванням будівель і споруд унаслідок повномасштабного вторгнення РФ.

Будівельні відходи, які утворюються при оновленні будівель і споруд, а також при розбиранні зруйнованих і пошкоджених будівель поділяються на наступні види[3]:

- Малонебезпечні (будматеріали, конструкції);
- Небезпечні за своїми розмірами(за довжиною, шириною, висотою);
- Особливо небезпечні (отруйні речовини).

До малонебезпечних можна віднести різного роду металеві, пластикові, залізобетонні, дерев'яні конструкції, цегляні, бетонні і скляні вироби. Вони не вимагають спеціальних умов роботи персоналу під час процесу розбирання, транспортування і переробки.

До особливо небезпечних відносяться такі, які забруднюють навколишнє середовище та/або особливо шкідливі для людини. До таких вантажів відноситься мінеральна вата, різного роду пінопласти та азбестоцементні вироби. Під час роботи з такими матеріалами необхідно дотримуватися відповідних правил та інструкцій поводження з ними.

Небезпечними за своїми розмірами можуть бути залишки матеріалів і конструкцій з обох наведених вище видів. Такі види матеріалів і конструкцій несуть небезпеку при розбиранні

будівель, розвантажувально-навантажувальних роботах і вимагають планування процесів їх транспортування у місця переробки.

Основну долю від усіх будівельних відходів, які утворюються у результаті знесення будівель, займають різного роду цегляні, бетонні і залізобетонні вироби і конструкції, їх доля складає приблизно 25%.

Після переробки ці відходи можна використовувати повторно у будівництві. До прикладу залізобетонний і бетонний лом підлягає переробці його у вторинний щебінь, який у подальшому використовується у якості підсіпки при будівництві доріг або як наповнювач для бетонної суміші. Вторинний щебінь має меншу вартість за первинний і дозволяє здешевити вироби, виготовлені з його використанням та зменшити обсяги видобування породи у кар'єрах.

Основними факторами, які ускладнюють процес переробки залізобетонних виробів і вимагають пошуку спеціалізованого обладнання, яке використовується у ланцюжку переробки є наступні:

- наявність компонентів у залізобетонних виробках, таких як арматурні і металеві конструкції, теплоізолювальні матеріали, тощо;
- високий ступінь пилотворення при руйнуванні, розбиранні, транспортуванні і переробці бетонних і залізобетонних конструкцій.

Технологічний процес переробки бетону у вторинний щебінь складається з наступних основних етапів(рис.1):

- першим етапом на шляху переробки є сортування матеріалів, оскільки після руйнування конструкцій, розмір кусків відходів досить нерівномірно розподілений, до того ж залізобетонні і бетонні конструкції можуть бути поєднані разом з металопластиковими або металевими конструкціями, теплоізолюючими матеріалами, а також мають у своєму складі армувальні елементи;
- другим етапом йде транспортування матеріалу до місця його подрібнення, грохочення і очищення;
- третій етап включає в себе вже процес подрібнення матеріалу і подальше грохочення його на різні фракції та, за потреби, очищення для подальшого таргетованого використання у будівництві.

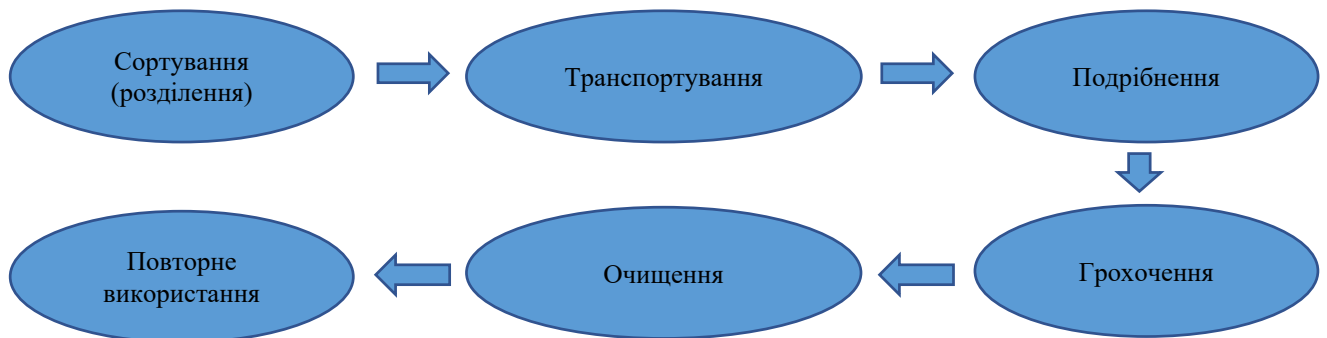


Рис.1. Технологічний процес переробки бетону у вторинний щебінь.

У залежності від типу обладнання, яке використовується на всіх етапах переробки залізобетонних виробів залежить довжина логістичного ланцюжка, яким мають пройти матеріали від первинного сортування і до вторинного використання.

Процес сортування(розділення) виконується для відділення від залізобетонних виробів інших матеріалів(металеві, металопластикові, теплоізоляційні). Через наявність армувальних елементів у залізобетоні, технологічне обладнання, яке входить у дробильно-сортувальний комплекс виходитиме зі справного стану передчасно. Тому на цьому етапі також важливо виконати розділення залізобетонних конструкцій на бетон та армувальні елементи. Розділення виконують за допомогою спеціальних комплектів машин, робочі органи яких мають у своєму складі маніпулятори, відбійні молотки та щелепні затискачі (рис.2).



Рис.2. Екскаватори з робочими органами для зносу будівель, розділення і сортування будівельних відходів.

Відділений бетон далі йде на грохочення на грохоти і ділиться на цільовий продукт і продукт, який підлягає подрібненню.

Для подрібнення матеріал направляється на дробарки. За конструктивними ознаками дробарки(рис.3) бувають: щоківі(щелепні), конусні, валкові, ударної дії(роторні, молоткові).



Рис.3. Обладнання для дроблення: а – щоківі(щелепна) дробарка; б – конусна дробарка; в – валкова дробарка; г – дробарка ударної дії.

Щоківі дробарки зазвичай призначені для крупного і середнього дроблення матеріалів середньої і високої міцності. Основними їх перевагами є простота конструкції і висока продуктивність дроблення. Дроблення у щоківих дробарках відбувається між рухомою і нерухомою щоками у результаті роздавлювання шматків матеріалу, який надходить у завантажувальний отвір. Матеріал після дроблення вивантажується через розвантажувальний отвір під дією гравітаційних сил у момент відходу рухомої щоки[4]. Ступінь подрібнення 3...4.

Класифікуються щоківі дробарки за характером руху робочого органу(рухомої щоки), так як саме це і визначає найважливіші техніко-експлуатаційні параметри дробарок. За принциповими кінематичними схемами дробарки бувають з простим і складним рухом щоки.

Конусні дробарки використовують для крупного, середнього і дрібного дроблення міцних та абразивних матеріалів різних за крупністю. Обладнання руйнується у камері, яка утворюється зовнішнім нерухомим і внутрішнім рухомим конусами. Переважаючий вид навантаження на матеріал – роздавлювання. За технологічним призначенням їх поділяються на дробарки: крупного дроблення (ККД), які забезпечують ступінь подрібнення 5...8; середнього (КСД) і дрібного (КМД) зі ступенем подрібнення 20...50.

Дробарки ударної дії використовують для подрібнення малоабразивних матеріалів середньої міцності і м'яких. Ці дробарки дозволяють отримувати високий ступінь подрібнення(зазвичай ступінь подрібнення коливається у межах 15...20, іноді сягає 50), що дозволяє зменшити число стадій дроблення. Відрізняються простотою конструкції, малою металоємністю, зручністю обслуговування, а також вибірковістю дроблення і більш високою якістю готового продукту за формою зерен.

Валкові дробарки зазвичай використовують для середнього і дрібного дроблення матеріалів середньої міцності, пластичних і крихких матеріалів [5].

Після подрібнення і фінального сортування, вторинний щебінь, за необхідності, очищується від пилоподібних часток, які мають розмір $d < 0,5$ мм і потрапляє на повторне використання.

За проведенням оглядом обладнання можна дійти наступних висновків:

- на первинних стадіях подрібнення, коли максимальний розмір продукту сягає 1500 мм і більше найбільш доцільно використовувати щоківі дробарки;

- для подальшого середнього і мілкового подрібнення найбільш відповідним обладнанням є конусні дробарки середнього(КСД) і мілкового(КМД) подрібнення, а також дробарки ударної дії;
- дробарки ударної дії можна використовувати лиш на етапах подрібнення, коли на подрібнення надходить лиш бетон без сторонніх включень(арматури, металевих конструкцій і ізолювальних матеріалів);
- у процесі подрібнення у комплекті з грохотами і дробарками необхідно мати обладнання з маніпуляторами і відбійними молотками. Це дозволить уникнути аварійних ситуацій, при яких у робочих органах може застрягти недробимий матеріал або матеріал, який має розміри більші за максимально допустимі для обраного обладнання;
- потрібно використовувати спеціальне мобільне обладнання для виконання переробки «на місці» задля зменшення пилетворення при навантаженні на транспортні засоби, транспортуванні і подальшому розвантаженні у місці переробки.

Список літератури

1. Оцінка впливу на довкілля при будівництві полігонів ТПВ. URL:<https://mcl.kiev.ua/ocenka-vozejstvija-na-okruzhajushhuju-sredu-pri-stroitelstve-poligonov-tbo/>(дата звернення:20.05.2023).
2. Сміттева катастрофа в Україні: як позбутися відходів завдяки досвіду ЄС. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/smittleva-katastrofa-v-ukraini-yak-pozbutisya-vidhodiv-zavdyaki-dosvidu-ies/>(дата звернення:20.05.2023).
3. Кухнюк О.М., Кусковець С.Л., Сурговський М.В., Прокопчук Н.М. Практикум з охорони праці: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2010. 266 с.
4. Білецький В.С. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина I. Підготовчі процеси: посібник / В.С. Білецький, Т.А. Олійник, В.О. Смирнов, Л.В. Скляр. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. – 200 с.
5. Коваленко І.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Інрес:Воля, 2005. – 264 с.

OVERVIEW OF WASTE PROCESSING TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE IN THE PROCESSING OF RUINED BUILDINGS AND STRUCTURES

Oleksandr Diachenko, Andriy Anopko, Vladyslav Hokh

***Abstract.** The obsolescence of the housing stock in Ukraine and the large number of buildings and structures that were destroyed or damaged as a result of the military aggression of the Russian Federation leads to the need to find solutions that would allow quickly and with minimal expenditure of money and time to perform the sorting of construction waste, its transportation, processing and re-use of processing products. The paper examines the construction waste that is generated in the process of maintenance, restoration and dismantling of buildings and structures, directions for the use of the main components of construction waste - reinforced concrete and concrete products and structures are given. The main factors in which it is advisable to use technological equipment for grinding, sorting and cleaning have been analyzed. The nuances that should be taken into account when choosing and using it are defined. Such a study aims to examine the chain of the main stages of processing and to determine the technological equipment used in this process.*

***Keywords:** processing; construction waste; equipment; reconstruction; sorting*

УДК 693.54 : 022.5

Системи автоматичного керування стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування

Гаврюков О.В., Вольтерс А.О., Волчков М.В., Соболевська Л.Г.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. В роботі розглянуто застосування систем автоматичного керування під час створення стрічкового конвеєра працюючого під час зміни довжини транспортування. Наголошено, що такий конвеєр дозволяє зменшити енергоємність транспортного устаткування, підвищити продуктивність, зменшити трудоємність обслуговування транспортної установки. Такий конвеєр має дві системи автоматичного керування це: систему автоматичного контролю натягнення стрічки яка дозволяє подовжуватись конвеєру під час роботи і система автоматичного центрування положення стрічки на барабані пересувної станції яка дозволяє уникнути аварій під час сходу стрічки з барабана. В роботі наведені конструктивні, електричні і гідравлічні схеми, що застосовані в системах автоматичного керування стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування. Наведено два варіанта системи автоматичного центрування стрічки на барабані пересувної станції: з лінійним регулюванням сервоприводу і з пульсуючим.

Ключові слова: стрічковий конвеєр зі змінною довжиною транспортування; система автоматичного керування; натягнення стрічки; центрування стрічки на барабані.

Одним з напрямів підвищення техніко-економічних показників пов'язаних з транспортуючими машинами є застосування систем автоматичного керування.

Створення стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування пов'язане з запровадженням систем автоматичного керування, що забезпечили можливість збільшувати довжину транспортування під час роботи конвеєра.

Така відмінність цього конвеєра дозволила: зменшити енергоємність транспортного устаткування, підвищити продуктивність за рахунок збільшення машинного часу забійного обладнання. Трудоємність обслуговування транспортної установки також зменшилась.

Особливості стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування

Стрічковий конвеєр зі змінною довжиною транспортування має дві основні системи автоматичного керування. Перша - системою автоматичного контролю натягнення стрічки, що встановлена на телескопічному пристрої і яка дозволяє подовжуватись конвеєру під час роботи. Друга - система автоматичного керування (центрування) положення стрічки на барабані, що встановлена на пересувній станції і яка дозволяє уникнути аварій під час сходу стрічки з барабана.

На рисунку 1 наведена технологічна схема проведення тунелю традиційним методом (рис.1,а) і з застосуванням конвеєра зі змінною довжиною транспортування (рис.1,б) [1].

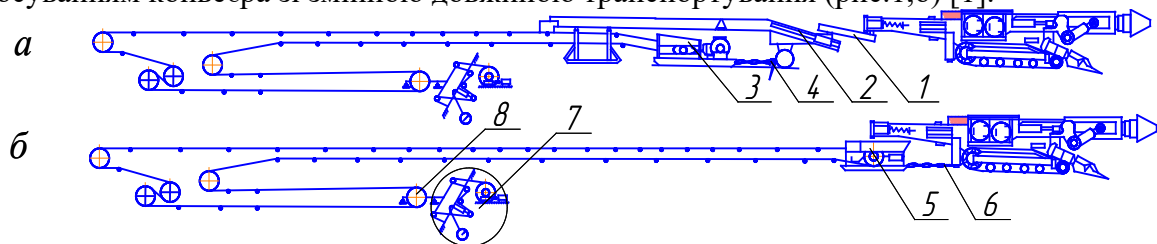


Рис.1. Технологічна схема проведення тунелю комбайновим способом: а - традиційним методом; б - з застосуванням стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування

В наведених схемах позицією 1 позначено мостовий перевантажувач; 2 - прицепний перевантажувач; 3 - кінцева станція стрічкового конвеєра до складу якої входить лебідка для пересувань станції; 4 - анкер на який утримує кінцеву станцію від пересувань; 5 - пересувна станція з системою автоматичного центрування стрічки; 6 - ланцюг, що тримає пересувну станцію під час пересувань комбайну; 7 - система автоматичного натягнення стрічки до складу якої входить гідродатчик, електроконтактний манометр, система поліспастів з натяжним канатом, натяжна лебідка, пускорегулююча апаратура; 8 - рухливий барабан телескопічного пристрою.

З наведеної схеми зрозуміло, що в першому випадку (рис.1,а) в порівнянні з другим випадком (рис.1,б) маємо на три одиниці техніки більше (мостовий перевантажувач, прицепний перевантажувач, лебідка для пересувань станції). Машинний час комбайна збільшується, а трудоемність зменшується завдяки відсутності технологічних операцій пов'язаних з необхідністю пересувань і закріплень станції 3.

Конструктивні особливості системи автоматичного регулювання натягнень стрічки на телескопічному пристрої конвеєра зі змінною довжиною транспортування

Натяг стрічки через систему полістпастів пов'язаною з рухомим барабаном телескопічного пристрою контролюється гідродатчиком, що передає інформацію на електроконтактний манометр і який впливає на пускову апаратуру лебідки натяжного пристрою. Під час пересування комбайну на забій натяг стрічки збільшується збільшуючи тиск в гідродатчику, а той через шланги високого тиску впливає на електроконтактний манометр. Стрілка електроконтактного манометру замикає дистанційні мережі пускової апаратури натяжної лебідки телескопічного пристрою на відпускання або підтягування канату закріпленого до рухомої каретки з барабаном телескопічного пристрою. Після переміщення барабана рухомої каретки натяг стрічки змінюється змінюючи тиск в гідродатчику. Гідродатчик подаючи сигнал на електроконтактний манометр розмикає дистанційні мережі пускової апаратури лебідки телескопа конвеєра.

На рисунку 2 наведена принципова електрична схема включення лебідки системи автоматичного контролю натягнення стрічки [2]

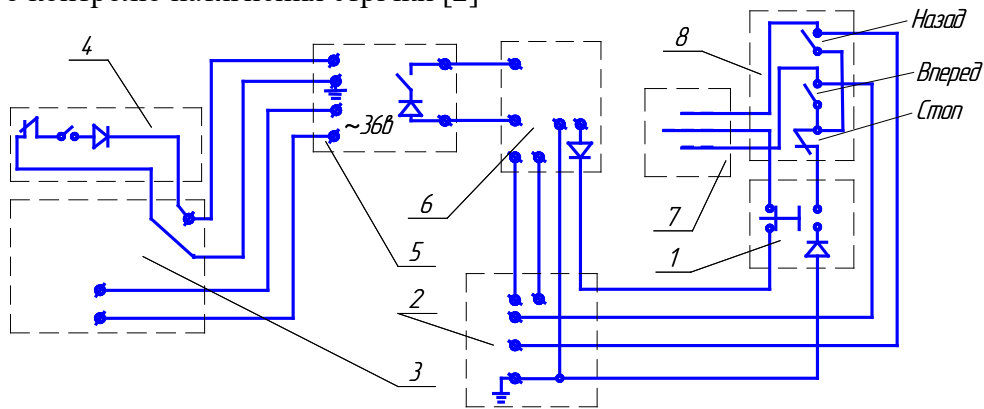


Рис. 2. Принципова електрична схема включення лебідки натяжного пристрою: 1 – кнопка КУВ-93; 2 – пускач ПМВІР-41; 3 – блок керування апаратурою АУК-1м; 4- кнопка КУВ-92; 5 – пускач ПВІ-125; 6- реле часу РВІ-300; 7 – манометр ВЕ-16 рб; 8 – кнопка КУВ-93.

Схема передбачає два режими роботи автоматичний та ручний, перемикання якого здійснюється кнопкою управління 1.

У ремонтному режимі роботи кнопка 1 включена на ремонтний режим, кнопкою 8 включається лебідка натяжного пристрою (пускова апаратура ПМВІР-41 лебідки натяжного пристрою). Під час автоматичного режиму роботи стрічкового конвеєра кнопка 1 включена на автоматичний режим. Увімкнення пускової апаратури натяжного пристрою здійснюється електроконтактним манометром.

Кнопкою 4 або блоком управління 3 апаратури АУК-1м здійснюється включення пускової апаратури 5 запуску привода конвеєра.

Після включення пускової апаратури 5 відбувається замикання її блок контактів які включають апаратуру реле часу РВІ-300 6. Замикання загальної дистанційної цепі пускача лебідки відбувається через заданий проміжок часу за рахунок вмикання в ланцюг реле часу. В електричну схему системи автоматичного регулювання стрічки РВІ-300 введено для того, щоб у момент запуску конвеєра, коли йде тимчасове ослаблення та натяг стрічки не виникало помилкового спрацьовування включення пускової апаратури лебідки натяжного пристрою.

Включення пускової апаратури лебідки в автоматичному режимі роботи після спрацьовування реле часу 6 здійснюється електроконтактним манометром 7 налаштованим на заданий натяг стрічки на який впливає гідродатчик.

У разі пориву стрічки конвеєра в електричну схему введена апаратура 3 АУК-1м яка відключить пускову апаратуру конвеєра 5 тим самим відключаючи апаратуру реле часу 6, яка розмикає дистанційний ланцюг пускової апаратури лебідки 2.

Цілісність стрічки контролює датчик швидкості, що входить в апаратуру АУК-1м.

Конструктивні особливості систем автоматичного центрування стрічки на барабані пересувної станції конвеєра зі змінною довжиною транспортування

При переміщеннях пересувної станції конвеєра відбувається розворот барабана відносно осі конвеєра, що викликає боковий схід стрічки. Система автоматичного центрування стрічки на барабані дозволить не допустити аварійну ситуацію під час роботи конвеєра [2].

Система автоматичного центрування стрічки на барабані (рис. 3) здійснює регулювання положення стрічки 1 на барабані 2 за допомогою силового гідроциліндра 3. Гідроциліндр 3 виробляє силову дію за рахунок зовнішніх джерел енергії. Елементами управління є датчики положення стрічки 4 з важільною системою 5 і трипозиційним золотниковим розподільником 6. На рис. 2 наведено два варіанта системи автоматичного центрування стрічки: з лінійним регулюванням сервоприводу і з пульсуючим. Для стійкої роботи пульсуючої системи автоматичного центрування стрічки в неї введений пристрій, що коригує, - пульсуючий коригувальний пристрій 7 (рис.3,а) Для стійкої роботи лінійної системи автоматичного центрування стрічки на барабані пересувної станції в неї введений пристрій, що коригує витрати масла в гідросистемі, - регулювальник потоку 7 (рис.3,б) [2].

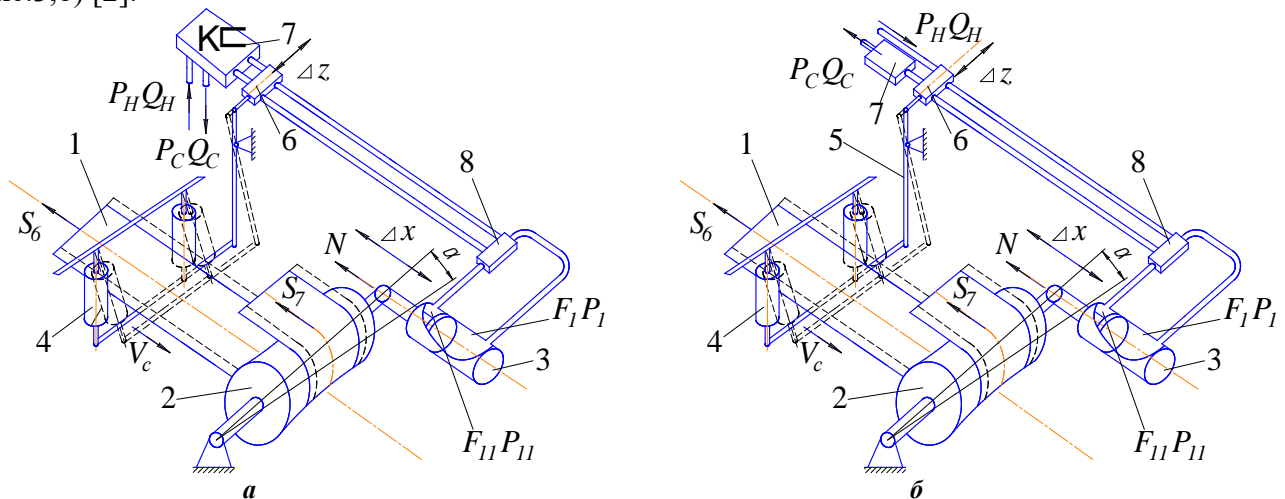


Рис.3. Функціональна схема роботи системи автоматичного центрування стрічки на барабані: а - з пульсуючою системою керування (КП - коригувальний пристрій); б - з лінійною системою керування

Принципова схема пульсуючої системи автоматичного керування гідравлічним сервоприводом наведена на рисунку 3.

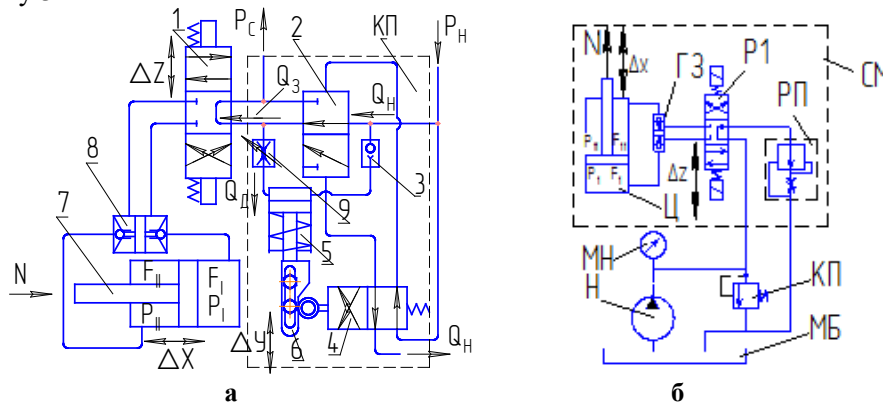


Рис 4. Принципова гідравлічної схеми системи автоматичного керування гідравлічного сервоприводу: а - пульсуючої; б - лінійної

На рис.3а позицією 1 позначено трьохпозиційний золотниковий розподільник, 2 - двопозиційний золотниковий розподільник, 3 - зворотний клапан, 4 - двопозиційний золотниковий розподільник, 5 - гідроциліндра обладнаний пружиною, 6 - рухома планка, 7 - сервопривід, 8 - гідрозамок, 9 - регульований дросель. Принцип роботи і розрахункові формули пульсуючої і лінійної системи автоматичного центрування наведені в роботі [2].

Висновки

1. Застосування систем автоматичного керування дозволило отримати стрічковий конвеєр, що може змінювати довжину транспортування під час роботи .

2. Використання таких конвеєрів дозволило: зменшити енергоємність транспортного устаткування, підвищити продуктивність, зменшити трудоемність обслуговування транспортної установки.

3. В роботі наведені конструктивні, електричні і гідравлічні схеми, що застосовані в системах автоматичного керування стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування.

Список літератури

1. А.В. Гаврюков, А.В. Третьяк. Энергоэффективность на конвейерном транспорте. Снижение энергоемкости рабочих процессов. // Энергосбережение: - 2012. - № 9 (155) - С. 16-18.
2. Гаврюков О.В. Результаты досліджень систем автоматичного керування стрічкового конвеєра працюючого зі змінною довжиною транспортування / О. В. Гаврюков.- Київ: КНУБА, 2023. - 220с.

SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL OF BELT CONVEYOR WITH VARIABLE TRANSPORT LENGTH

Gavryukov O.V., Volters A.O., Volchkov M.V., Sobolevska L.G.

Abstract. In the robot, the zastosuvannya systems of automatic keruvannya and the hour of the folding of the line conveyor of the pratsuyuyuchy and the hour of the change of the transport transport are considered. It is said that such a conveyor allows changing the energy consumption of the transport installation, increasing productivity, and changing the labor intensity of servicing the transport installation. Such a conveyor may have two systems of automatic turning: a system of automatic control of the tension of the stitch, which allows the conveyor to be pulled up for an hour of operation; In the robotic guidance of constructive, electrical and hydraulic circuits, which are installed in the systems of automatic winding of a string conveyor with a change in transportation. Two variants of the system of automatic centering of the line on the drum transfer station have been introduced: with linear regulation of the servo drive and with a pulsed one.

Keywords: strichkovy conveyor with changeable transport; system of automatic keruvannya; tension strichki; tsentruvannâ strichki on the drum.

УДК 693.54 : 022.5

Пристрій для отримання сталевібробетону

Гаврюков О.В., Запривода А.В., Луценко В.Ю., Іносов С.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. В роботі розглянуто застосування сталевібробетону в будівництві. Наголошено о його перевагах перед армованим бетоном в окремих випадках. Розглянуто існуючий спосіб змішування бетонної суміші зі сталеву фібру, а саме устаткування, що запропоновано галузевою науково-дослідною лабораторією Харківської національної академії міського господарства. Запропоновано альтернативний спосіб змішування бетонної суміші зі сталеву фібру в якому завантаження бетонної суміші і сталеву фібри виконується пошарово на рухому площадку з послідовним вдавлюванням сталеву фібри в бетонну суміш. Після виконання цих операцій готова суміш з рухомою площадки завтажується в бункер готового

продукту. Розуміється, що процес контролюється системою автоматики. Вдавлювання фібри виконується штоками які переміщуються під час дії гідроциліндра.

Ключові слова: змішування фібри з бетоном; пошарове завантаження; вдавлення; рухома площадка.

1. Переваги сталевібробетону

Застосування сталевібробетону в ряді випадків має певні переваги перед традиційно армованим бетоном. Певна кількість сталевібробетону (25-50 кг/м³) рівномірно розподіляється в бетонній суміші, в результаті формується тривимірна структура. Ця структура зі сталевібробетоном витримує зусилля розтягування та перешкоджає розкриттю мікротріщин, які часто утворюються під впливом вологи або зусиль навантаження.

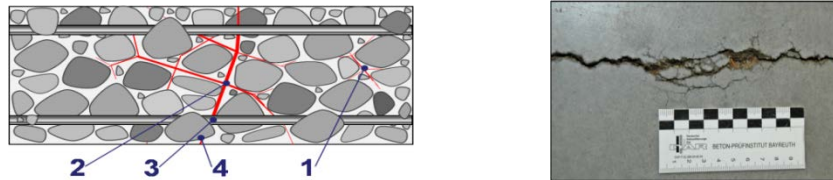


Рис. 1. Розвиток тріщин у залізобетоні. 1 - поява мікротріщин у неармованій зоні; 2 - поширення мікротріщин → зростання → перетворення на макротріщини; 3 - перетин зони армування макротріщинами; 4 - вихід тріщини на поверхню

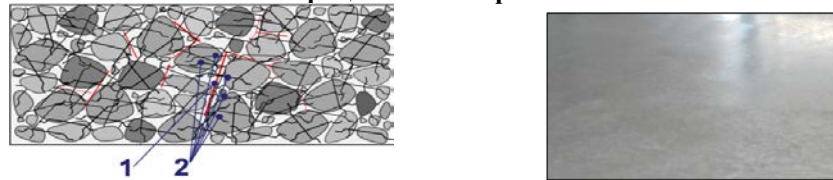


Рис. 2. Розвиток тріщин у фібробетоні. 1 - поява мікротріщин; 2 - перекриття мікротріщини фібрами

При застосуванні сталевібробетону немає затримок, що викликані встановленням стандартних кріплень, не потрібно розміщувати сітку на підлозі, є можливість виготовляти великі бетонні плити з залученням меншої кількості персоналу. Бетонні споруди де застосована сталевібробетон мають кращу якість, яка виявляється у тому, що збільшується: у 1,5 - 2 рази міцності на розтяг при вигині, у 20 разів гранична формація розтягування.

Також у бетону із застосуванням фібри збільшується морозостійкість, водонепроникність, корозійна стійкість, зносостійкість, стійкість до ударів та сейсмологічних впливів.

Сталевібробетон створює корисні властивості бетону: жорсткість та міцність. Ці властивості бетону зі сталевібробетоном дають змогу проєктантам розробляти конструкції, які витримують великі навантаження [1]. Бетон зі сталевібробетоном (фібробетон) використовується в фундаментах обладнання, плитах злітно-посадкових смуг аеродромів, швидкісних автострад, в торкретбетоні, протизсувних плитах і берегових спорудах, сейсмостійких конструкціях, для спорудження сховищ цінностей в банках, у цивільному будівництві при влаштуванні наливної підлоги.

2. Існуючі засоби отримання сталевібробетону

Існуючі способи одержання фібробетону не виключають утворення «їжаків» - комкування фібр, що суттєво впливає на рівномірний розподіл дисперсної арматури в обсязі матеріалу, знижує якість бетону, його фізико-механічні властивості та експлуатаційні якості.

Для досягнення найбільшої ефективності застосування сталевібробетонів необхідно особливу увагу приділити забезпеченню рівномірного розподілу фібри в бетонній суміші з урахуванням максимального відсотка армування дисперсною арматурою, що відповідає заданим властивостям сталевібробетону (СФБ).

Очевидно, що питання вдосконалення технології бетонних робіт на основі СФБ сумішей при сучасному обсязі монолітного будівництва постійно перебувають у центрі уваги і є актуальними для дослідження.

В Харківській національній академії міського господарства в Галузевій науково-дослідній лабораторії була створена вдосконалена двороторна метальна головка, лопаті роторів (рис. 2), у

яких виконані з еластичних трубчастих елементів, як зазначається у звіті, перешкоджає комкуванню фібри [2] .

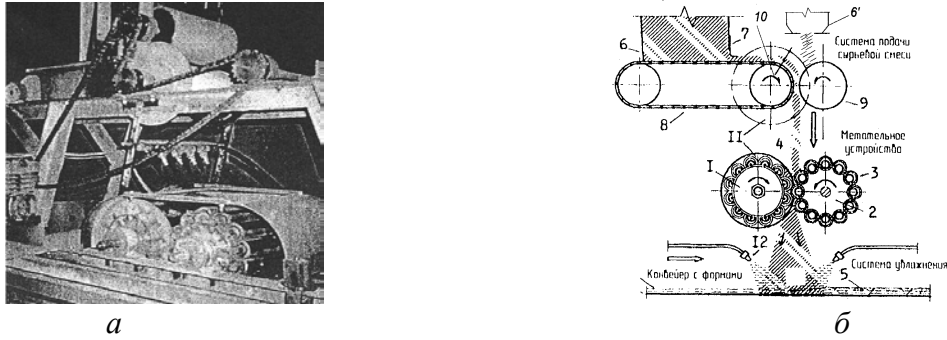


Рис. 3. Роторний металевий пристрій для отримання суміші СФБ Харківської національної академії міського господарства: *a* - загальний вид; *б* - схема вузла формування роторно-силового способу отримання суміші СФБ. 1,2 - лопатеві ротори; 3-еластичні трубчасті елементи; 4 – порожнина між роторами; 5 – поверхня бетонування; 6-витратний бункер; 6' - видатковий бункер для фібри; 7 - регулююча заслінка; 8 – стрічковий транспортер; 9 - калібруючий барабан; 10 - приводний барабан транспортера; 11 – реборди; 12 – форсунки. **Схема вузла формування роторно-силового способу**

У запропонованому пристрої при проходженні металофібри через лопатевий ротор 2 (особливо пружинної форми) можливе вирівнювання її форми, а це призводить до погіршення зчіпних властивостей бетону зі сталеву фіброю. Як можливий варіант, один із способів змішування металофібри з бетоном пропонується кафедрою автоматизації технологічних процесів КНУБА.

3. Спосіб отримання сталевібробетону, запропонований кафедрою автоматизації технологічних процесів КНУБА.

Спосіб отримання сталевібробетону заснований на розподілу процесів змішування сталевібри з бетонною сумішшю.

Змішування здійснюється шляхом пошарового укладання на рухомий візок 5 спочатку бетонної суміші, потім сталевібри з подальшим втисканням в суміш бетону (рис. 3).

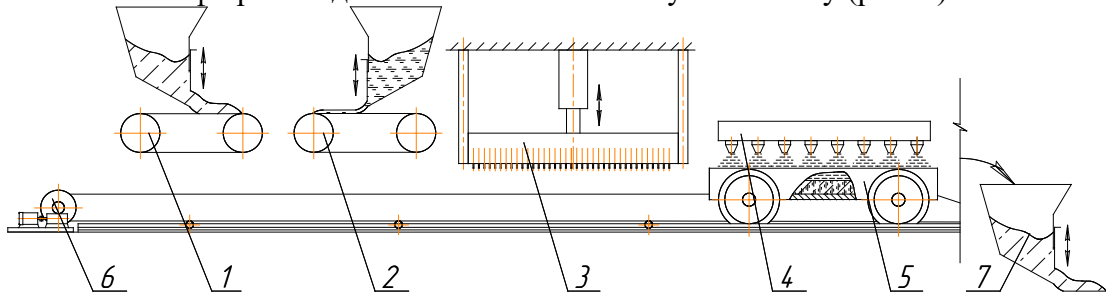


Рис. 4. Конструктивно – технологічна схема отримання сталевібробетону, що запропонована кафедрою АТІ КНУБА.

Візок 5 переміщує лебідка 6 яка завантажується спочатку бетонною сумішшю під стрічковим живильником 1, потім сталеву фіброю під стрічковим живильником 2. Під пристроєм для вдавлювання фібри 3 (рис. 4) сталеві фібри вдавлюються в бетонну суміш після чого візок 5 переміщується під систему зволоження 4. Готова фібробетонна суміш вивантажується з візка 5 в бункер 7. Передбачається, що технологічний процес отримання сталевібробетону контролюється системою автоматики.

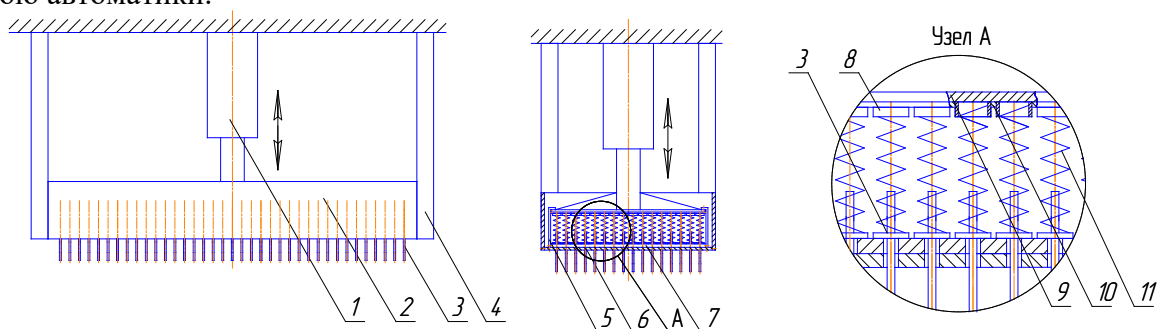


Рис. 5. Пристрої для вдавлювання фібри в бетонну суміш

Пристрій для вдавлювання фібри в бетонну суміш 3 (рис.3), що наведений на рисунку 4 складається з: 1 – гідроциліндра вдавлювання фібри; 2 – бічних листів корпусу пристрою; 3 - штоків вдавлювання фібри; 4 – утримуючих балок; 5 - підхоплюючих стійок; 6 – нижньої плити корпусу пристрою; 7 – нижньої підпружної плити; 8 – пружинних втулок; 9 – плити гідроциліндра вдавлювання фібри; 10 – плити під пружинні втулки; 11 – пружин.

Пристрій для вдавлювання фібри в бетонну суміш працює в такий спосіб. Висуваючись шток поршня гідроциліндра вдавлювання фібри 1 впливає на плиту гідроциліндра вдавлювання фібри 9 яка через пружини 11 впливає на штоки видавлювання фібри 3.

У разі попадання під шток видавлювання фібри 3 твердих включень шток припиняючи переміщатися стискає пружину 11, при цьому штоки під які не потрапили тверді включення продовжують вдавлювати фібру бетонну суміш. Після вдавлювання фібри шток гідроциліндра вдавлювання фібри 1 втягується при цьому, впливаючи на підхоплюючі стійки 5, піднімаючи разом з нижньою підпружною плитою 7 штоки вдавлювання фібри 3.

Під час підйому штоків вдавлювання фібри 3 через отвори нижньої плити корпусу пристрою б струшується налипла на поверхню фібра і частинки бетонної суміші.

Висновки

Запропонована кафедрою АТП конструктивно – технологічна схема змішування бетону зі сталевую фіброю, не дивлячись на більш вартісну конструкцію може бути альтернативною, що до пристрою розробленого в Харківській національній академії міського господарства в Галузевій науково-дослідній лабораторії.

Список літератури

1. Олег Скорик. Дослідження роботи фібробетону в конструкціях при динамічних впливах. Будівельні конструкції. Теорія і практика № 11 – К.: КНУБА 2022. – С. 44 – 52.
2. Качура, А.А. и Кондращенко, Е.В. Ротационная технология бетонирования монолитных конструкций из дисперсно-армированных бетонных смесей. Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. Вып.103. – К.: Техніка, 2012. – С.73-78.

DEVICE FOR OBTAINING STEEL FIBRO CONCRETE

Gavryukov O.V., Zaprivoda A.V., Lutsenko V.U., Inosov S.V.

Abstract. *The work considers the use of steel fiber concrete in construction. Its advantages over reinforced concrete are emphasized in some cases. The existing method of mixing concrete mixture with steel fiber is considered, namely the equipment proposed by the branch research laboratory of the Kharkiv National Academy of Urban Economy. An alternative method of mixing concrete mixture with steel fiber is proposed, in which loading of concrete mixture and steel fiber is carried out in layers on a moving platform with successive pressing of steel fiber into the concrete mixture. After performing these operations, the finished mixture is loaded from the moving platform into the hopper of the finished product. It is understood that the process is controlled by the automation system. Fiber compression is performed by rods that move during the action of the hydraulic cylinder.*

Keywords: *mixing fiber with concrete; layer loading; indentation; moving platform.*

УДК 654.071

«Розумне місто» або інноваційні технології на вулицях середніх міст

Драчинська В.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Концепція розвитку «розумного міста» досить популярна у Європі. Так чому ж не застосовувати даний напрямок на теренах нашої України. Основними міркуваннями в сучасних галузевих технологіях є автоматизація, енергоспоживання та економічна ефективність. Автоматизація призначена для зменшення трудових ресурсів за допомогою інтелектуальних систем. Враховуючи те, що питання мобільності гучно лунає на просторах різних організацій пов'язаних із використанням вулично-дорожньої мережі, рахує буде доречним висвітлити це питання у даній роботі.*

***Ключові слова:** «розумне місто»; вулично-дорожня мережа ; мобільність; транспортна інфраструктура, безпека дорожнього руху.*

Розумне місто – не є чимось фантастичним, це реальність сучасного світу , у якому технології проникають в усі сфери.

Ідея таких міст полягає в тому, аби завдяки збору інформації в режимі реального часу, усі ресурси міста можна використовувати більш продуктивно. Найбільш розвинутими і «розумними», на сьогодні вважаються Барселона, Амстердам, Лондон, Нью-Йорк.

Дана концепція передбачає інтеграцію інформаційних та комунікаційних технологій, включно з IoT (Інтернетом речей), з метою ефективного управління інфраструктури міста (транспорт, безпека, медицина, комунальна система і ін.) [1].

10 ключових ознак розумного міста [2]:

- *інтелектуальні системи управління дорожнім рухом (передбачають підвищення та ефективність безпеки та ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв і користувачів транспорту);*
- *розумний підхід до вуличного освітлення (популярності набувають датчики руху, які вмикають світло лише коли фіксують певні рухи чи присутність людини, і вмикають його);*
- *залучення жителів міста до управління;*
- *розумний будинок;*
- *впровадження міської мережі Wi-Fi;*
- *розумний громадський транспорт (передбачає контроль за усім, що відбувається в салоні та зовні протягом руху і здатен передавати інформацію про порушення в органи влади);*
- *сповіщення про надзвичайні ситуації;*
- *кнопка екстреного реагування;*
- *використання сонячних батарей (у багатьох містах світу, де це дозволяє клімат, така практика є невід'ємною складовою розумного міста. На дахах будівель або на стовпах встановлюють сонячні батареї, які можуть забезпечити автономне енергопостачання) ;*
- *безготівкові платежі.*

Сьогодні чимало людей втомились від перенаселених мегаполісів, тому популярності набирають середні міста, але враховуючи те, що кількість населення стрімко зростає відповідно й росте рівень автомобілізації. Тому, потрібно удосконалювати системи діагностики для забезпечення безпеки, прибирання сміття, ефективного використання комунальних ресурсів та ін. Джерелами для отримання цих даних можуть слугувати різноманітні датчики, сенсори, відеокамери.

Для підвищення ефективності роботи транспортної розв'язки та забезпечення безпеки в місті можуть використовувати різні інструменти забору даних [3]:

- *відеоспостереження;*
- *фотофіксація;*

- єдина система екстреного виклику;
- IoT (концепція інтернету речей передбачає спосіб підключення машини до машини, що виключає участь людини, а також збір і аналіз даних для подальшого підвищення якості життя);
- біометрія;
- інтелектуальні транспортні системи тощо.

Концепція розумного міста передбачає фокусування на безпеці городян, оскільки високий рівень безпеки – ознака високої якості життя. Оскільки населення в містах продовжує зростати, є необхідним пристосувати зростаюче населення шляхом більш ефективного використання інфраструктури. Програми «розумного міста» дозволяють містам знаходити та створювати нові цінності на основі існуючої інфраструктури. Удосконалення створюють нові джерела доходу та підвищують ефективність роботи, допомагаючи заощаджувати бюджетні та власні кошти [4].

У 2020 році завдяки фінансуванню ЄС, муніципалітет Клуж-Напоки створив першу в країні «розумну вулицю», яка характеризується увагою до екології та використанням інноваційних технологій. Після реконструкції на ній є сенсорна система поливу, чотири точки для зарядки електромобілів, 30 для зарядки електро-самокатів. Лавки обладнані USB- роз'ємами та безкоштовним wi-fi. Вуличне освітлення також є розумним і налаштованим на енергозбереження. Крім того висаджено 48 нових дерев. Після цього стало більше місця для пішоходів та спроектовано велодоріжку. Візуально розглянути вулицю можна на рис.1.



Рис. 1. Розумна вулиця Клуж-Напоку, Румунія

Місцева адміністрація запропонувала замінити увесь громадський транспорт на електричний, щоб до 2026 року зробити Клуж-Напоку «зеленим містом». У 2022 році близько 50% громадського транспорту є електричним.

Наприкінці минулого року місцева міськрада також затвердила техніко-економічне обґрунтування нового проєкту: будівництво трамваю довжиною близько 21 км із 19 зупинками. «*Це створено для блага майбутніх поколінь*», - заявив мер Клуж Еміль Бок. Очікується, що метро Клуж буде готове протягом десяти років. Цей проєкт також фінансується європейськими фондами з інвестиціями близько 2 млрд. євро.

Усе це можна застосовувати на прикладі наших Українських міст. В Україні вже є досвід щодо «розумних вулиць» У Києві, Івано-Франківську, Львові, Запоріжжі, Дрогобичі, Полтаві, Дніпрі, Одесі, Харкові.

Перші кроки українські міста роблять і у напрямку енергоефективності. Так, у квітні 2020 року у Херсоні місцевий водоканал використав для пілотного проєкту наше рішення Smart Metering. У 12 багатоквартирних будинків з'явилися «розумні» лічильники. Вони у режимі реального часу інформують про стан мережі, завдяки чому служби можуть швидко ліквідувати прориви труб та інші аварійні ситуації. Тест системи показав, що показання з IoT-лічильників вчасно надходять та не губляться, навіть якщо пристрої встановлені у підвальних приміщеннях.

IoT-технології лише починають робити українські міста розумними. За класифікацією урбаніста Білла Хатчінсона, вони знаходяться на першій сходинці свого шляху. А саме — міста автоматизують окремі непов'язані між собою процеси, а також не мають чіткої стратегії розвитку за напрямком.

Допомогти містам стати «smart» може партнерство з мобільним оператором. Зокрема у нас для цього є [5]:

- власна інфраструктура для забезпечення надійних каналів зв'язку;
- хмарні технології для обчислення та зберігання даних;
- рішення для обробки, аналізу та візуалізації великої кількості даних у вигляді графічних звітів і дашбордів, що працюють в реальному часі;
- можливості працювати з «розумними» рішеннями та мережами NB-IoT;
- можливості максимально диджиталізувати процеси, щоб міста економили бюджети й працювали ефективніше.

І якщо поставити ці технології на службу містам, їхні мешканці позбудуться щоденних заторів, будуть заощаджувати на енергоресурсах, зможуть жити безпечніше, зручніше та комфортніше.

Список літератури

1. <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/67697.html>
2. Samuel I. Street Smart: the Rise of cities and the Fall of Cars (2015) 114 p.
3. The Federal Highway Administration (FHWA) Web Site [Electronic resurs] – Rezhyim dostepa : <http://fhwa.dot.gov>.
4. <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-city>
5. Helbing D/ Traffic and related self-driven many-particle systems // Rev. Mod. Phys. 2021. Vol.73, N 4.P. 1067-1141.

“SMART CITY” OR INNOVATIVE TECHNOLOGIES ON THE STREETS OF MEDIUM-SIZED CITIES

Victoria Drachynska

Abstract. *The concept of "smart city" development is quite popular in Europe .The main consideration in the present field technologies are Automation, Power consumption and cost effectiveness. Automation is intended to reduce man power with the help of intelligent systems. Taking into account the fact that the issue of mobility resounds loudly in the spaces of various organizations related to the use of the street and road network, I think it will be appropriate to highlight this issue in this work.*

Keywords: *"smart city"; street and road network; mobility; transport infrastructure; road safety.*

УДК 62-93

Порівняльний розрахунок на стійкість універсального одноківшевого екскаватора

Проскурін О. Г.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

Анотація. Розроблено та виконано порівняльний розрахунок на стійкість універсального одноківшевого екскаватора з адаптивною рухомою противагою та без адаптивної рухомої противаги з робочим обладнанням зворотна лопата в базових розрахункових положеннях та найбільш небезпечних для перекидання машини, які виконуються при розрахунку універсальних одноківшевих екскаваторів. Для екскаватора з обладнанням зворотна лопата, розрахунок виконаний для трьох розрахункових положень. За рахунок адаптивної рухомої противаги з'являється додаткове, регульоване, плече, яке в автоматичному режимі зрівноважує систему, коли це необхідно. Завдяки автоматичній системі, з'являються додаткові безпечні зони для роботи екскаватора без ризику втрати стійкості, при втраті стійкості рухома противага сама збалансує машину та збільшить утримуючий момент. Описана доцільність використання адаптивної рухомої противаги для одноківшевих екскаваторів.

Ключові слова: адаптивна рухома противага; стійкість; утримуючи момент; перекидний момент.

Стійкість екскаватора – здатність машини протидіяти зовнішнім навантаженням, включаючи сили тяжіння ґрунту в ковші, а також складових частин екскаватора, опір ґрунту копанню та сили інерції, які не дають перекинутися та зрушити опорну частину екскаватора відносно ґрунтової основи.[2]

Статичний розрахунок входить перевірка загальної стійкості екскаватора та врівноваження платформи.

Стійкість екскаватора характеризується коефіцієнтом стійкості

$$K_y = \frac{M_y}{M_{\pi}}$$

де M_y – момент всіх сил, утримуючих екскаватор від перекидання; M_{π} – момент всіх сил, сприяючих перекиданню екскаватора.

Для різних видів змінного робочого обладнання та різних режимах роботи рекомендуються свої межі коефіцієнта стійкості. Для нормальних умов $K_y = 1,1 \div 1,2$.

Прикладом виконання робіт, використаємо базову машину повноповоротний одноківшевий екскаватор CAT 320 з робочим обладнанням зворотна лопата.[9]

Вихідні данні для розрахунку бралися з технічної документації на сайті виробника CAT 320, Caterpillar. [9]

Вага адаптивної рухомої противаги була прийнята в 500кг та максимальна відстань висування 1 метр.

В розрахунку на стійкість одноківшевого екскаватора з рухомою противагою будемо використовувати, найбільш небезпечні ситуації та положення для стійкості, які можливі для даного типу машин.

Розрахунок екскаватора з обладнанням зворотна лопата, виконується для двох положень:

Екскаватор знаходиться на горизонтальній площині, відбувається відрив ковша від ґрунту у бровки забою під дією максимальних зусиль, які утворюються за допомогою підйому стріли (рис. 1). Напрямок реакції ґрунту на зубах ковша перпендикулярно лінії, з'єднуючих центр повороту стріли та ріжучу кромку ковша. Рухома противага автоматично переміщена максимально від поворотної платформи.

Розрахунки проводимо в семи положеннях ковша для отримання більшої інформації про стійкість системи, відрив ковша відбувається при глибині від 0 до 3 метрів та на відстані від точки перекидання від 3,85м до 7,85м.

Виконуємо розрахунок в трьох найбільш небезпечних зонах для роботи екскаватора

$$R = \frac{1}{r_R} = P_{цmax}r_{ц} - g_k r_k - g_p r_p - g_c r_c = 12870, \text{Н.}$$

Коефіцієнт запасу стійкості для першого положення без рухомої противаги:

$$K_{y1} = \frac{G_M r_M + G_P r_P + g_{пр} r_{пр}}{R l_R + g_k r_k + g_c r_c + g_p r_p}.$$

Коефіцієнт запасу стійкості для першого положення з урахуванням рухомої противаги:

$$K_{y2} = \frac{G_M r_M + G_P r_P + g_{пр} r_{пр} + g_{рп} r_{рп}}{R l_R + g_k r_k + g_c r_c + g_p r_p}.$$

де $g_{рп}$ – вага рухомої противаги;

Виконавши розрахунок на стійкість для другої розрахункової зони, отримуємо результати які надані в таблиці 1.

З рисунка 1, отриманого з результатів видно, що рухома противага компенсувала частину навантаження та система виглядає більш стабільною в порівнянні у екскаватора без рухомої противаги видно, що на глибині 2,5 та 3 метра рівновага екскаватора максимально наближена до критичної.

Таблиця 1

Залежність коефіцієнта стійкості від глибини копання в розрахунковому положенні 1

	K_{y1}	K_{y2}
0	1.38	1.5
0.5	1.32	1.43
1	1.26	1.36
1.5	1.21	1.31
2	1.17	1.27
2.5	1.14	1.23
3	1.11	1.21

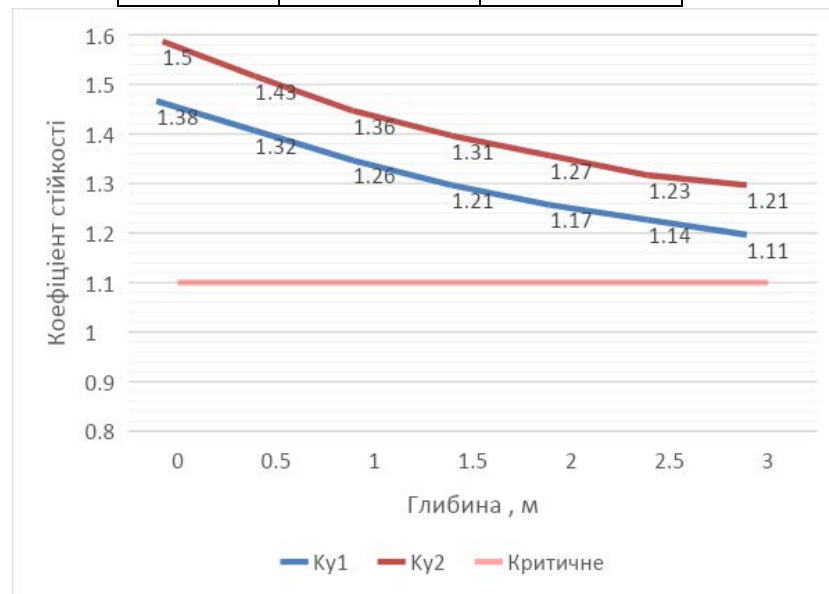


Рис.1. Залежність коефіцієнта стійкості від глибини копання в розрахунковому положенні 1

Виконавши розрахунок на стійкість для другої розрахункової зони, отримуємо результати які надані в таблиці 2.

З рисунка 2, отриманого з результатів видно, що рухома противага компенсувала навантаження та система виглядає стабільною в порівнянні з екскаватором без рухомої противаги який на глибині 0,5 метра коефіцієнт стійкості за межами норми та знаходиться за межами критичної зони, що може призвести до перекидання.

Таблиця 2

Залежність коефіцієнта стійкості від глибини копання в розрахунковому положенні 2

	K_{y1}	K_{y2}
0	1.13	1.22
0.5	1.09	1.18
1	1.07	1.15
1.5	1.05	1.13
2	1.03	1.12
2.5	1.02	1.1
3	1.007	1.091

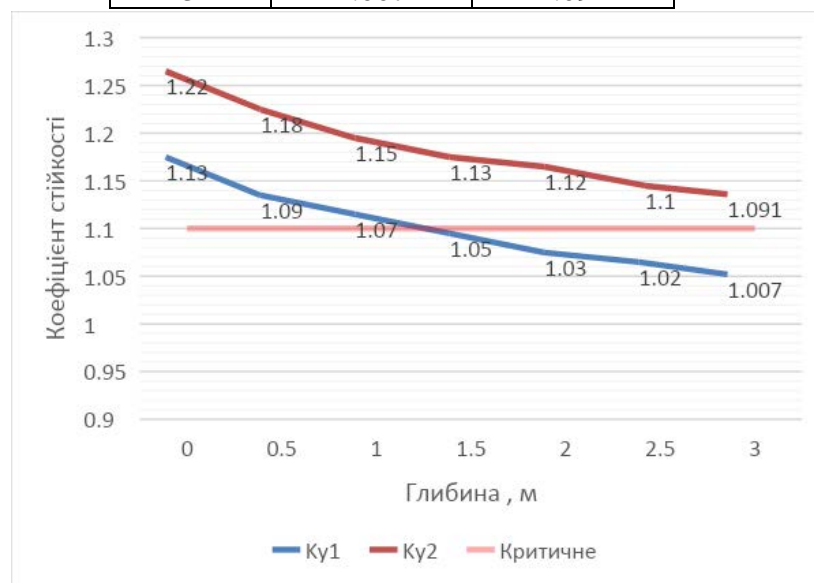


Рис. 2. Залежність коефіцієнта стійкості від глибини копання в розрахунковому положенні 2

Висновки

На підставі проведеного аналізу та порівняльного розрахунку пропонується використовувати один з способів протидії перекиданню одноківшового універсального екскаватора в робочому та транспортному положенні, який полягає у використанні адаптивної рухомої противаги шляхом врівноваження поворотної платформи та машини в цілому. Рухома противага переміщується в протилежному напрямку від дії перекидних сил, чим збалансовує систему. За рахунок додаткової рухомої противаги можливо збільшити навантаження на робочий орган без втрати стійкості машини, тим самим збільшить ККД робочого обладнання. Завдяки автоматичній системі, з'являються додаткові зони роботи екскаватора без ризику перекидання машини.

Даний метод полягає, що за рахунок рухомої противаги, можливо збільшити утримуючий момент та запобігти перекиданню екскаватора в автоматичному режимі.

Список літератури

1. Дьяков И. Ф. (2007). Строительные и дорожные машины и основы автоматизации : учебное пособие / Ульянов. гос. техн. ун-т.– Ульяновск : УлГТУ, 516 с/
2. Волков Д.П., Крикун В.Я., Тотолин П.Е. (1992). *Машины для земляных работ*: учеб. для вузов – М.: Машиностроение,– 448 с.
3. Двойнова К.А. (2018). *Система управления подвижным противовесом автокрана* - Челябинск: ЮУрГУ, П-266, 113 с.

4. Пелевін Л.С., Рашківський В. П., Мельниченко Б.М. (2012) Екскаватор. Патент на корисну модель № 68569: Україна: E02F 3/04 №u201112239 заявл. 19.10.2011; опубл. 26.03.2012 Бюл. № 6 від 26.03.2012р. 5 с.
5. Воляннюк В.О. *Напрямки розвитку закордонної будівельної техніки для земляних робіт* [Текст] / В.О. Воляннюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Всеукр. зб. Наук. праць. – К.: КНУБА, 2006. – Вип.. 67. – С. 54-58.
6. Добронравов, С.С. *Строительные машины и основы автоматизации* [Текст] /С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
7. Міщук Д.О. Горбатюк Є.В., Тетерятник О.А. *Однокішневий екскаватор з просторово-орієнтованою стрілою*. Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2014, вип. 148, ч. 1
8. Хмара Л. А., Баєв С. В., Дахно О. О. *Теоретичні основи копання ґрунту однокішневим екскаватором із телескопічним робочим обладнанням* Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2015, № 5 (206)
9. Technical Specifications for 320 Hydraulic Excavator AEZQ2217-06., www.cat.com., Caterpillar, 2022 p.

COMPARATIVE CALCULATION OF THE STABILITY OF A UNIVERSAL SINGLE-BUCKET EXCAVATOR WITH A MOVABLE COUNTERWEIGHT AND WITHOUT A MOVABLE COUNTERWEIGHT IN THE MOST DANGEROUS POSITIONS FOR STABILITY

Oleksiy Gennadiyovych Proskurin.

***Abstract.** A comparative calculation of the stability of a universal single-bucket excavator with an adaptive movable counterweight and without an adaptive movable counterweight with the reverse shovel working equipment in the basic calculated positions and the most dangerous for machine overturning, which are performed when calculating universal single-bucket excavators, was developed and performed. For an excavator equipped with a reverse shovel, the calculation is made for three calculation positions.*

Due to the adaptive movable counterweight, an additional, adjustable, arm appears, which automatically balances the system when necessary.

Thanks to the automatic system, there are additional safe zones for the excavator to work without the risk of loss of stability, in case of loss of stability, the movable counterweight will balance the machine itself and increase the holding moment.

The expediency of using an adaptive moving counterweight for single-bucket excavators is described.

Keywords: *adaptive moving opposite; stability; holding moment; overturning moment.*

СЕКЦІЯ 2 «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ»

УДК 69:001,89; 69.059

Удосконалення технології обстеження аварійних об'єктів пошкоджених в результаті позапроектних впливів

Григоровський А.П., Мурасьова О.В.,

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького», Київ, Україна

***Анотація.** Виконання обстежень будівельних об'єктів, пошкоджених внаслідок позапроектних впливів містять організаційні, технологічні та технічні особливості зумовлені техногенним походженням причин аварійних пошкоджень, що викликані надзвичайною ситуацією або бойовими діями. Основними причинами пошкоджень при внутрішніх та зовнішніх аварійних вибухах є: надлишковий тиск, що виникає при аварійному вибуху (впливі); недостатня міцність та стійкість конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.*

Наслідком зазначених причин є аварійні пошкодження та втрата експлуатаційної придатності об'єкта з можливим виникненням пожежі та/або прогресуючого обвалення. Обстеження пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів об'єктів здійснюють після виконання комплексу підготовчих заходів у складі невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків аварійних ситуацій з врахуванням вимог наведених в [1].

Ключові слова: аварія; обстеження; позапроектні впливи; пошкодження.

У випадку обмеженого доступу до об'єкту обстеження, існуючі види обстежень пропонується доповнити ще одним видом - попереднім, дистанційним обстеженням. Його виконують на підставі наявних вихідних даних: матеріалів фото- та відеозйомки, поповерхових планів, фасадів (за можливості). На даному етапі можлива розробка попередньої (орієнтовної) інформаційної і розрахункової моделі для складання попередніх висновків, щодо небезпеки прогресуючого руйнування з врахуванням отриманих пошкоджень. На наступних етапах обстеження модель, за необхідності, уточнюють з врахуванням додатково отриманих даних до рівня відповідного етапу прийняття рішень.

Візуальний огляд, в тому числі попередній, дистанційне обстеження із складанням короткого висновку щодо типу, характеру та обсягу пошкоджень завершують встановленням обсягу робіт з обстеження, наданням рекомендацій щодо алгоритму подальших дій та встановленням можливості зміни категорії технічного стану (підвищення категорії) для подальшої безпечної експлуатації.

Якщо за результатами візуального обстеження неможливо встановити обсяги ремонтно-відновлювальних робіт, виконують інструментальне обстеження із встановленням фізичних та технічних характеристик конструкцій та елементів будівель. Детальне інструментальне обстеження виконують в обсягах, достатніх для проектування заходів з відновлення експлуатаційної придатності, з врахуванням результатів виконаних попередніх етапів обстеження та необхідних розрахунків.

Для визначення необхідних об'ємів відновлювальних (демонтажних або ліквідаційних) робіт необхідно визначити категорію технічного стану окремих частин, несучих елементів пошкоджених будівель згідно з відповідними постановами КМУ [2] та інших нормативних документів і окремих розділів нормативних документів, що регламентують питання проведення обстежень і визначення технічного стану будівель і споруд.

Враховуючи можливі локальні понадпроектні впливи на об'єкт, що викликають пошкодження та руйнування, запропоновано визначити категорію технічного стану окремих несучих елементів будівлі без встановлення категорії технічного стану об'єкту в цілому. Система «Категорія

технічного стану» залишається незмінною для збереження взаємозв'язку з існуючою нормативною базою. Причина дефектів не має значення, важлива їх наявність.

У складі всіх категорій технічного стану, особливо для аварійного та непридатного станів при однакових обсягах пошкоджень, в залежності від їх розташування змінюється розрахункова схема будівлі загалом, що впливає на несучу здатність та ступінь аварійності, (непридатності до нормальної експлуатації), тобто – безпеки відновлення, експлуатації та обслуговування. Це викликає необхідність додаткового поділу категорій на підкатегорії за техніко-організаційними напрямками наприклад: за несучою здатністю; безпекою виконання рятувальних (демонтажних) робіт; можливістю експлуатації (проживання), тимчасового відселення, постійного відселення, без відселення, тощо. Питання додаткового поділу категорій потребує додаткового аналізу та опрацювання.

Обстеження аварійних об'єктів, пошкоджених в результаті позапроектних впливів, виконують після першочергових робіт:

- проведення піротехнічних робіт, пов'язаних із знешкодженням виявлених вибухонебезпечних предметів;
- виконання робіт з пошуку постраждалих та загиблих фахівцями служби надзвичайних ситуацій та інших спеціалізованих служб;
- виконання робіт з первинного демонтажу частин об'єктів або його окремих конструктивних елементів (у разі потреби) з метою забезпечення доступу до пошкоджених об'єктів фахівців служби надзвичайних ситуацій для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт;
- здійснення оперативно-слідчих дій правоохоронними органами у рамках кримінальних проваджень.

Технологія виявлення пошкоджень конструкцій та вузлів, а також їхнього загального стану не має принципових особливостей щодо видів ушкодження. Визначення складу робіт із основного (детального) обстеження, види інструментальних досліджень та вибір необхідних приладів виміральної техніки здійснюють із урахуванням мети досліджень, специфіки об'єкта та характеру наявних дефектів і пошкоджень. Якщо за результатами проведення обстеження виявлено пошкодження, що свідчать про можливість раптового обвалення (руйнування), виконують розробку та реалізацію першочергових протиаварійних заходів з тимчасового підсилення аварійних конструкцій.

Для обґрунтування рішень щодо подальшої експлуатації таких об'єктів у разі потреби виконують розрахунок на прогресуюче руйнування з допомогою просторової моделі з врахуванням фактичного технічного стану, положення і відхилень елементів. Перевірочні розрахунки виконують відповідно до ДБН В.1.2-14 [3] з урахуванням даних візуального та інструментального обстеження та фактичних значень навантажень і вплив, визначених за результатами обстеження.

Для більшості наслідків вибухів кількісні оцінки, у тому числі руйнування або пошкодження будівель та споруд, забруднення навколишнього середовища, задимлення місцевості тощо, при розгляді реальних ситуацій залежать від багатьох умов, частину яких можливо врахувати імовірнісними методами. Різні ступені руйнування однотипних будівельних конструкцій при однаковому навантаженні можливо пояснювати стохастичною природою характеристик міцності матеріалів, неоднаковою якістю їх виготовлення і виконання будівельних робіт, умовами експлуатації, ступенем зносу та іншими причинами. Об'єми пошкоджень або руйнувань також залежать від стану елементів, що є опорними для інших, що призводить до значно більших наслідків.

За результатами обстеження пошкодженого об'єкта, крім встановлення категорії технічного стану, з метою подальшого планування робіт з його відновлення або прийняття рішення щодо його демонтажу, слід визначати категорію пошкоджень об'єкта з урахуванням класифікаційних ознак категорії пошкоджень об'єкта, наведених у [4], що можуть бути уточнені з урахуванням галузевої специфіки об'єкта.

Однакові обсяги позапроектних впливів в залежності від розташування осередків ураження в об'ємі аварійної будівлі по різному впливають на розрахункову схему об'єкта і викликають різні обсяги руйнувань.

Список літератури

1. Постанова КМ від 19 квітня 2022 р. № 473 «Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд».
2. ДСТУ Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».
3. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
4. Наказ Мінрегіону від 06.08. 2022 № 144 «Про затвердження Методики обстеження та оформлення його результатів».

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SURVEYING EMERGENCY OBJECTS DAMAGED AS A RESULT OF EXTRA-PROJECT INFLUENCES

A.P. Hryhorovskiy, O.V. Murasova,

Abstract. *Inspections of construction objects damaged as a result of extra-project influences contain organizational, technological and technical features due to the man-made origin of the causes of accidental damage caused by emergency situations or combat operations. The main causes of damage during internal and external emergency explosions are: excess pressure that occurs during an emergency explosion (impact); insufficient strength and resistance of the structure to emergency (explosive) loads.*

The consequence of the specified reasons is accidental damage and loss of operational suitability of the facility with the possible occurrence of fire and/or progressive collapse. Inspection of objects damaged as a result of emergency situations, military actions or acts of terrorism is carried out after the completion of a set of preparatory measures as part of emergency work to eliminate the consequences of emergency situations, taking into account the requirements specified in [1].

Keywords: *accident; survey; extra-project impacts; damage.*

УДК 692.232

Інноваційна технологія влаштування енергоефективних композитних стін в незнімній опалубці

Ковров А. В.¹, Назаренко І. І.², Менеїлюк О. І.¹, Бочевар К. І.¹, Нікіфоров О. Л.¹

1 – Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна

2 – Академія будівництва України, Київ, Україна

Анотація. *Створено нове технічне рішення композитної стіни з пінополістиролбетону в незнімній опалубці із використанням легких сталевих тонкостінних конструкцій. Розроблено методику дослідження терміну ефективної теплової експлуатації цієї композитної стіни. Проведено експериментальне дослідження впливу циклічних змін температури («заморожування–відтавання–нагрівання») на теплопровідність основного теплоізолюючого елементу композитної стіни – пінополістиролбетону. Розраховано відповідну аналітичну модель залежності теплопровідності зразків пінополістиролбетону від кількості циклів «заморожування–відтавання–нагрівання». Підтверджено можливість ефективної експлуатації конструкції шляхом перевірки нормативних значень показника ресурсу та коефіцієнта урахування впливу кліматичної деструкції матеріалів в процесі експлуатації на їх теплопровідність. Виконано впровадження нового рішення влаштування композитної стіни у будівництво.*

Ключові слова: *композитна стіна; термін ефективної експлуатації; пінополістиролбетон; легкі сталеві конструкції; незнімна опалубка*

Метою дослідження є визначення терміну ефективної теплової експлуатації пінополістиролбетону в новій композитній каркасній стіні з в незнімній опалубці.

Нове технічне рішення, що пропонується, представляє собою конструкцію стіни, що складається з: цементно-стружкових плит незнімної опалубки, основного масиву стіни з пінополістиролбетону, каркас з легких сталевих тонкостінних конструкцій (рис. 1).

Основними задачами при розробці нового технічного рішення було: забезпечення можливості спрощення конструкції, підвищення технологічності її зведення, стійкості та несучої здатності при збереженні експлуатаційних характеристик. Ці задачі вирішуються за рахунок нового підходу до конструювання. Каркас із профілю ЛСТК являється несучим елементом конструкції стіни. Каркас складається з готових до збірки укрупнених деталей з набором кріплення. Внутрішній і зовнішній огорожуючі шари виконано із цементно-стружкових плит, або інших елементів незнімної опалубки, які закріплені до каркасу за допомогою спеціальних U-подібних профілів, виключаючи утворення "містків холоду". Основний масив стіни виконаний із пінополістиролбетону щільністю від 258 до 375 кг/м³ і теплопровідністю від 0,052 до 0,1 Вт/м² °К.

Особливість запропонованої композитної стіни полягає в монтажі, який здійснюється легко та швидко, дозволяючи скоротити строки будівництва, виключивши використання спеціальної техніки та обладнання, яке дозволяє скоротити і вартість будівництва. Також знижується собівартість транспортування елементів каркасу завдяки легкості конструкцій і лінійної формі деталей ЛСТК у порівнянні із традиційною арматурою, що дає можливість компактної упаковки. З цієї причини, конструкції стін з каркасом із ЛСТК завоювали надзвичайну популярність при будівництві швидкокомтованих будівель, як за кордоном, так і у наших умовах.

Випробування проводились на зразках композитної стіни з пінополістиролбетону в незнімній опалубці, що виготовлені відповідно до технічної документації та технологічного регламенту на ці вироби. Пінополістиролбетон був вибраний для випробувань як найменш довговічний матеріал композитної стіни. Припущено, що при наявності незнімної опалубки в якості захисного облицювання термін ефективної експлуатації композитної стіни буде не нижчим за показники пінополістиролбетону. Для лабораторних досліджень терміну ефективної експлуатації при дії циклічних кліматичних впливів було виготовлено зразки: 300 мм x 300 мм x 50 мм – в кількості 48 шт.

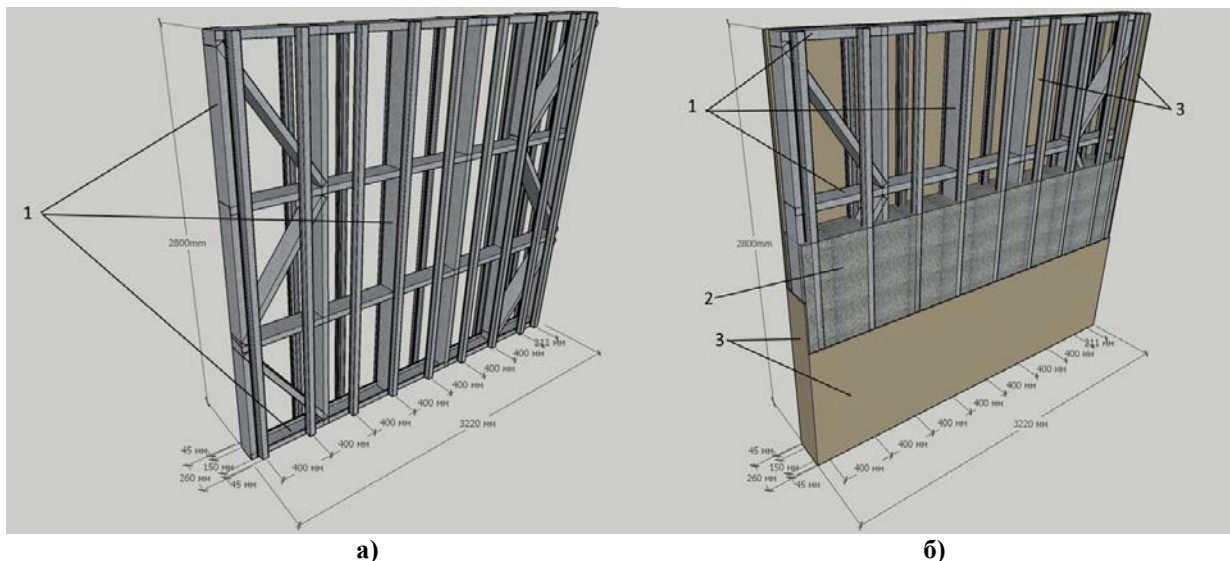


Рис. 1. Принципова схема нової композитної стіни з пінополістиролбетону в незнімній опалубці із використанням легких сталевих тонкостінних конструкцій:

а) каркас із легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК); б) загальний вигляд стіни включаючи всі шари згідно технології улаштування.

Умовні позначення: 1 - каркас із ЛСТК; 2 – пінополістиролбетон; 3 - цементно-стружкові плити

Зразки, що підлягають випробуванням, зволожені до вологості $[(wБ+5)±2]\%$ (що становить 7 %) і запаєні в поліетиленові пакети.

Зразки піддавали циклічному температурному впливу заморожування-відтавання-нагрівання: $t_з = -22±1$ °С, $τ_з = 3$ год.; $t_в = +20±2$ °С, $τ_в = 4$ год.; $t_н = +60±1$ °С, $τ_н = 16$ год.;

– де, $t_з$, $t_в$, $t_н$ – температури заморожування, відтавання та нагрівання зразків відповідно;

– $τ_з$, $τ_в$, $τ_н$ – тривалість заморожування, відтавання та нагрівання зразків.

За результатами випробувань будувався графік залежності теплопровідності від кількості циклів $λ(z)$. Графік залежності теплопровідності виробів від кількості циклів наведений на рис. 2.

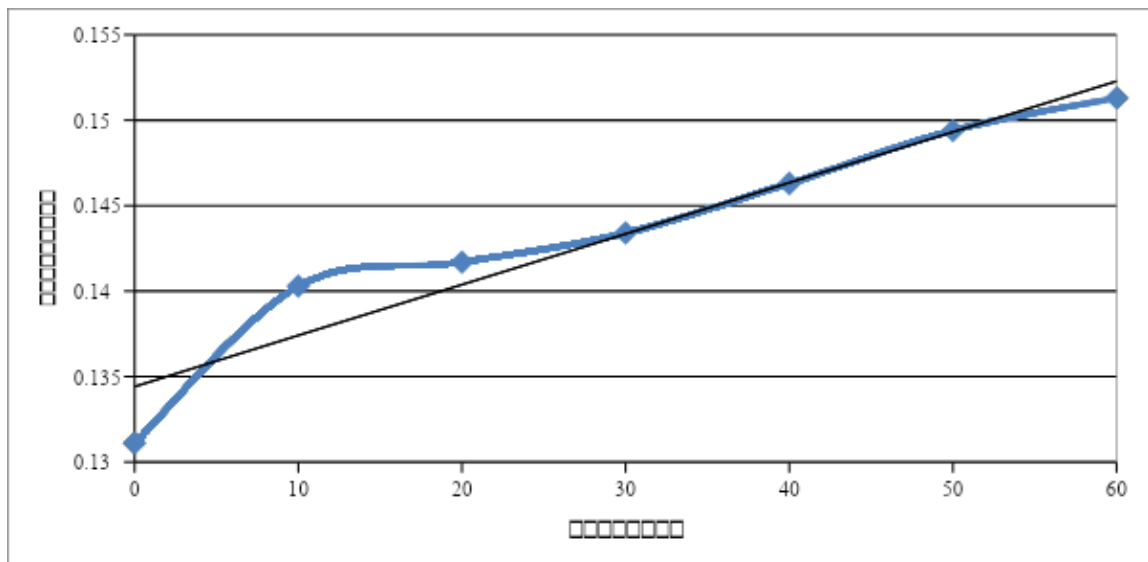


Рис. 2. Залежність теплопровідності від циклічних впливів

Проведені вперше експериментальні дослідження терміну ефективної експлуатації дали можливість отримати залежність циклічних температурних впливів на теплопровідність пінополістиролбетону в новій композитній стіні в незнімній опалубці. Це дозволило довести відповідність теплотехнічних характеристик такої стіни нормативним вимогам на протязі 25 умовних років. Таким чином доведена теплова ефективність використання нового рішення стіни у житлових будинках.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій [Чинний від 2010-01-20]. Київ, 2010. 90 с. http://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_b_v.2.6-101-2010.pdf
2. ДСТУ Б В.2.7-105:2000 Матеріали і виробы будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі [Чинний від 2001-07-01]. Київ, 2001. 37 с. <https://ukrsmeta.ua/wp-content/uploads/files/DSTU/33.DOC>
3. ДСТУ Б В.2.7-182:2009. Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах [Чинний від 2009-12-01]. Київ, 2009. 17 с. https://issuu.com/maxwell3249/docs/dstu_b_v_2_7-182_2009_stroitel_nye
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. 55 с. https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2020/09/dstu-b-v_2_6-189-2013.pdf
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Чинний від 2022-09-01]. Київ, 2014. 37 с. https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf

INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR INSTALLING ENERGY-EFFICIENT COMPOSITE WALLS IN FIXED FORMWORK

Anatolii Kovrov, Ivan Nazarenko, Oleksandr Meneylyuk, Kostyantyn Bochevar, Oleksii Nikiforov

Abstract. A new technical solution of a composite wall made of expanded polystyrene concrete in a fixed formwork using light steel thin-walled structures has been created. A methodology for researching the term of effective thermal productivity of this composite wall has been developed. An experimental study was conducted of the influence of cyclic temperature changes ("freezing-thaw-heating") on the thermal productivity of the main heat-insulating element of the composite wall - polystyrene foam concrete. An appropriate analytical model of the dependence of thermal conductivity of polystyrene foam concrete samples on the number of "freeze-thaw-heat" cycles was calculated. The possibility of effective operation of the structure was confirmed by checking the normative values of the resource index and the factor taking into account the influence of climatic destruction of materials during

operation on their thermal productivity. The implementation of a new solution for installing a composite wall in construction has been completed.

Keywords: composite wall; term of effective operation; expanded polystyrene concrete; light steel structures; fixed formwork.

УДК 691.32

Ефективні фібробетони для ремонту пошкоджених жорстких дорожніх покриттів

Кровяков С.О., Крижановський В.О.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна

Анотація. З використанням планового експерименту досліджено властивості фібробетонів для глибинного ремонту жорстких дорожніх покриттів. Встановлено що введення прискорювача Sika Rapid 3 підвищує ранню (2 доби) міцність бетонів на стиск на 9 МПа і більше та міцність на розтяг при згині на 0,6..0,7 МПа. У 28-ми денному віці бетони і фібробетони з прискорювачем твердіння характеризуються децю меншою міцністю у порівнянні зі складами без добавки. За рахунок використання сталеві анкерної фібри рання міцність бетонів на стиск зростає на 3..5 МПа, проєктна міцність на стиск – на 7..10 МПа. Міцність на розтяг при згині при цьому зростає з 5,6..6,1 МПа до 8,5..9,3 МПа у віці 2-х діб і з 7..8,5 МПа до 15,5..17,5 МПа у віці 28-ми діб. Дисперсне армування на 30..35% знижує стираний бетон, на 9..15% підвищує адгезійну міцність та морозостійкість бетону. За рахунок використання раціональної кількості фібри і прискорювача твердіння усадка бетонів знижується на 18..20%. Розроблені модифіковані фібробетони відповідають усім основним вимогам до матеріалів для ремонту жорстких дорожніх покриттів. Застосування таких фібробетонів дозволяє швидко відновлювати рух та забезпечує якісну спільну роботу ремонтного матеріалу з основою.

Ключові слова: жорстке дорожнє покриття; сталеві анкерні фібри; прискорювач твердіння; рання міцність; адгезія; ремонт; відновлення.

Жорсткі дорожні покриття широко використовуються в багатьох країнах світу і задача ремонту таких покриттів є постійно актуальною. В Україні з врахуванням отриманих внаслідок повномасштабної агресії пошкоджень інфраструктури завдання розробки ефективних бетонів для ремонту і відновлення жорстких дорожніх покриттів є ще більш важливим.

При ремонті цементобетонних покриттів широко використовується технологія глибинного ремонту (full depth gerair) [1]. Відновлення старого бетону з його додатковим захистом потребує ефективного багатофункціонального матеріалу. Для отримання ремонтних бетонів з високою міцністю як у ранньому так у проєктному віці найчастіше використовується комплексна модифікація суперпластифікатором та прискорювачем твердіння [2]. Також все частіше використовуються фібробетони з різними типами дисперсних волокон, зокрема металевим [3]. При цьому саме дисперсне армування забезпечувало високу міцність бетонів на стиск і на розтяг при згині. Швидкість твердіння важлива з позиції можливості відкрити рух в найкоротший час. Також ремонтні бетони мають забезпечувати необхідну міцність одночасно з достатньою довговічністю.

За оптимальним симетричним планом проведено 2-х факторний 9-ти точковий експеримент, в якому варіювалися такі фактори складу [4]:

X₁ – кількість прискорювача твердіння Sika Rapid 3, від 0 до 2,4 % від маси цементу;

X₂ – кількість сталеві анкерної фібри діаметром 1 мм і довжиною 50 мм, від 0 до 100 кг/м³.

Для виготовлення бетонів і фібробетонів використовувалися портландцемент ПЦ II/A-III-500 (400 кг/м³), суперпластифікатор MasterGlenium SKY 608 (4,8 кг/м³), щебінь фракції 5-20 мм і кварцовий пісок з модулем крупності 2,45.

Суміші всіх досліджених бетонів і фібробетонів для ремонту жорстких дорожніх покриттів мали рівну рухомість S2. Кількість прискорювача твердіння несуттєво впливала на В/Ц сумішей рівної рухомості. Введення сталеві анкерної фібри вимагало підвищення В/Ц для збереження необхідної

рухомості. Але навіть при максимальному дозуванні фібри В/Ц сумішей знаходиться у діапазоні 0,332..0,344.

Для дорожніх покриттів міцність на розтяг при згині є одним з найголовніших показників якості бетону. За експериментальними даними були розраховані експериментально-статистичні моделі, на основі яких побудовано діаграми впливу факторів складу на міцність на розтяг при згинанні досліджених бетонів та фібробетонів для ремонту жорстких дорожніх покриттів у віці 2-х діб (рис.1.а) та 28-ми діб (рис.1.б).

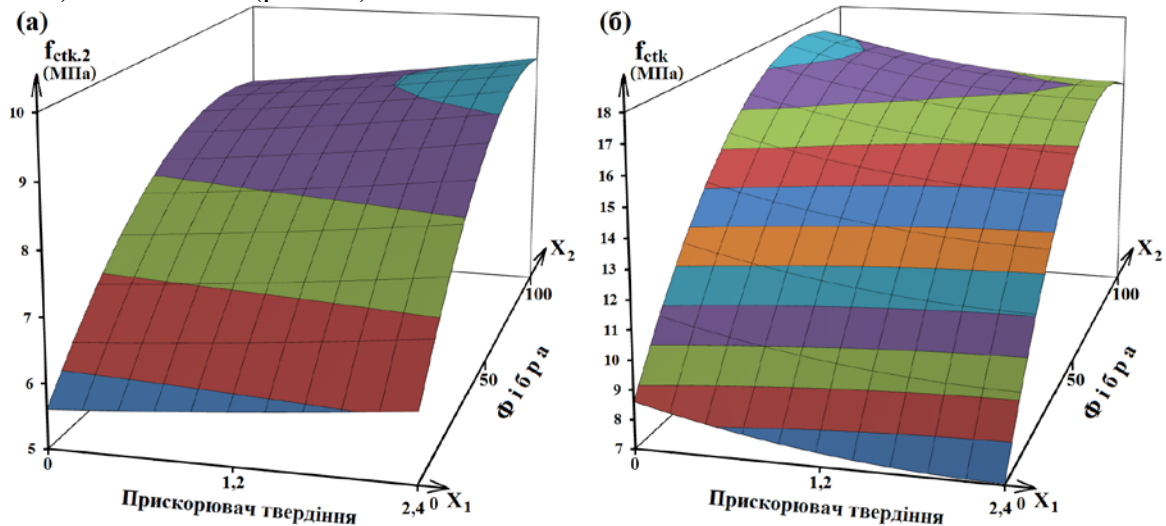


Рис.1. Вплив варійованих факторів складу на міцність на розтяг при згині бетонів і фібробетонів у віці 2 діб (а) та 28 діб (б)

Аналіз діаграм показує, що при кількості прискорювача твердіння від 1,2% та при дозуванні металевої фібри в кількості 60 кг/м^3 і вище рання міцність композиту на розтяг при згині становить не менше 8,5 МПа. Такий рівень міцності бетону дозволяє починати експлуатацію дорожнього покриття. На величину міцності на розтяг при згині у віці 2-х діб найбільше впливає кількість металевої анкерної фібри. Найбільших значень (8,7...9,3 МПа) величина f_{ctk2} досягає при дозуванні фібри в діапазоні $85...90 \text{ кг/м}^3$. У 28-ми денному віці за рахунок дисперсного армування фіброю у кількості $70..90 \text{ кг/м}^3$ міцність на розтяг при згині бетонів підвищується більш ніж у 2 рази: з 7..8,5 МПа до 15,5. .17,5 МПа. Така висока ефективність фібри саме у більшому віці пояснюється тим, що якість роботи волокон значною мірою зумовлена їх зчепленням із цементно-піщаною матрицею. При використанні металевої фібри в кількості понад 60 кг/м^3 міцність фібробетону на розтяг при згині становить не менше 16 МПа, що забезпечує якісну роботу матеріалу при найвищих навантаженнях. Однак у проєктному віці при введенні до складу бетонів прискорювача твердіння їхня міцність на розтяг при згині несуттєво знижується.

Вплив варійованих факторів складу на міцність на стиск досліджених бетонів та фібробетонів у ранньому і проєктному віці відображено на рис.2. Аналіз діаграм дозволяє зробити висновок, що на ранню міцність на найбільше впливає кількість прискорювача твердіння. При введенні Sika Rapid 3 у кількості 2,4% маси цементу $f_{ck.cube2}$ зростає більш ніж на 9 МПа. Фібра також позитивно впливає на ранню міцність на стиск. При використанні максимальної кількості прискорювача незалежно від кількості фібри вже після 2 діб твердіння бетон має міцність не нижче 55 МПа, що практично для всіх типів автодоріг дозволяє починати експлуатацію відновленої ділянки. Тобто вже в ранньому віці міцність бетону фактично відповідає класу С32/40. При використанні максимальної кількості дисперсної арматури та добавки Sika Rapid 3 рання міцність фібробетонів становить не менше 60 МПа, тобто вже у віці 2х забезпечується клас бетону С35/45.

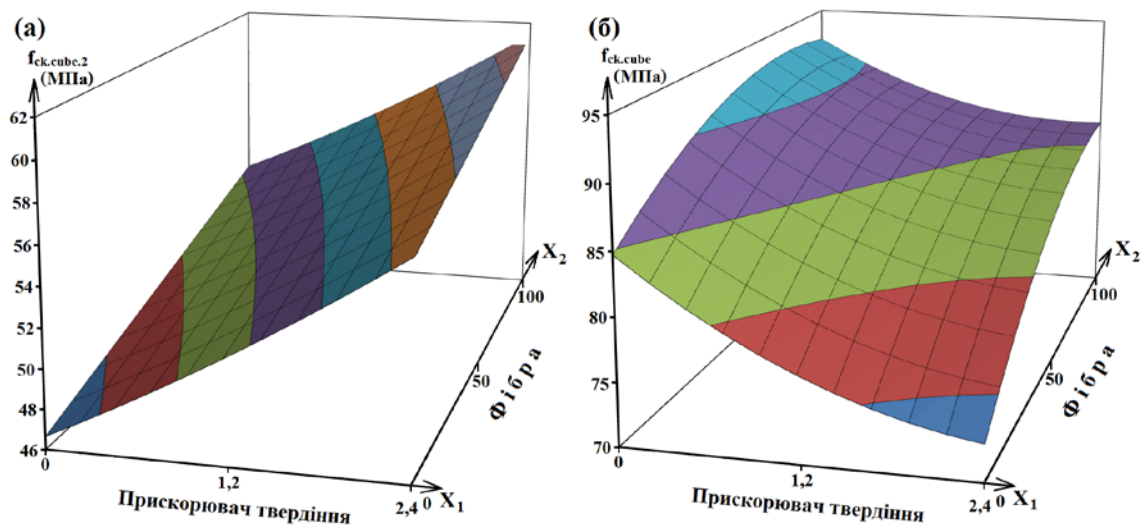


Рис.2. Вплив варійованих факторів на міцність на стиск бетонів і фібробетонів у віці 2 діб (а) та 28 діб (б)

У проектному віці бетони та фібробетони, до складу яких входив прискорювач твердіння, мали меншу міцність на стиск, ніж бетони аналогічних складів без добавки Sika Rapid 3. При використанні середньої кількості прискорювача (1,2% маси цементу) міцність на стиск досліджених бетонів знижується в середньому на 6 МПа, при використанні максимальної кількості – на 9 МПа. Але в проектному віці позитивний вплив дисперсного армування сталеву фібру на міцність на стиск відчутніше, ніж у віці 2-х діб. Так, при використанні фібри в кількості 50 кг/м^3 міцність на стиск бетонів зростала в середньому на 8 МПа, а при використанні максимальної кількості фібри – в середньому на 10 МПа.

Загалом проведено дослідження міцності модифікованих фібробетонів показало, що при використанні раціональної кількості прискорювача твердіння Sika Rapid 3 та металевої анкерної фібри ($70..90 \text{ кг/м}^3$) дані матеріали характеризуються високою міцністю на стиск та на розтяг при згині як у ранньому віці, так і та у віці 28-ми діб.

Важливим показником довговічності цементобетонних дорожніх покриттів є морозостійкість. Встановлено, що всі склади з металевою фібру мали морозостійкість F200, що забезпечує їхню високу довговічність у типових для України та більшості європейських країн кліматичних умовах. Бетон без фібри та прискорювача твердіння також характеризуються морозостійкістю на рівні F200. При введенні прискорювача затвердіння за відсутності дисперсного армування морозостійкість матеріалу знижувалася до рівня F150. Факт зниження морозостійкості неармованих дисперсною арматурою бетонів при використанні прискорювача твердіння вказує на обмежений негативний вплив модифікатора на цей показник. Зниження морозостійкості можна пояснити загальним зниженням міцності композиту у проектному віці при використанні модифікатора. Використання металевої фібри в цілому сприяє підвищенню морозостійкості бетонів для ремонту жорстких дорожніх покриттів. Це підтверджується тим, що дисперсно-армовані бетони незалежно від кількості прискорювача твердіння мали морозостійкість на рівні F200.

Також одним з важливих показників, що визначає довговічність бетону дорожнього покриття, є його зносостійкість. Відремонтвані (відновлені) ділянки доріг піддаються зносу менш тривалий час, ніж основне покриття. Однак і для ремонтних бетонів важливо забезпечити достатню зносостійкість, зокрема тому, що цей показник впливає на здатність матеріалу протистояти комплексному морозо-сольовому впливу [5]. При цьому в [5] рекомендується застосовувати в дорожньому будівництві бетони з стирання не вище $0,50 \text{ г/см}^2$.

Діаграма, яка побудована за відповідною експериментально-статистичною моделлю та відображає вплив варійованих факторів складу на стираність бетонів показана на рис.3.

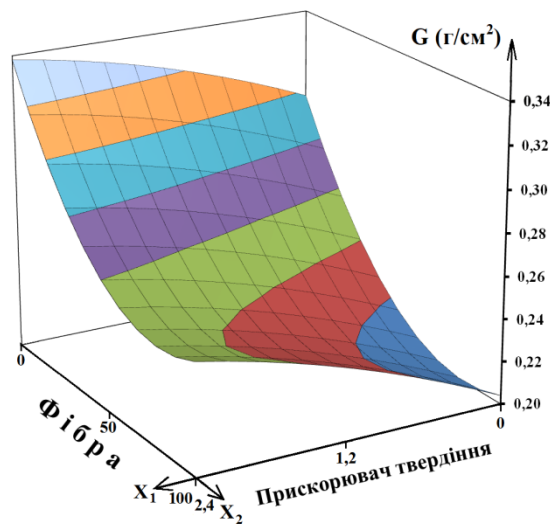


Рис.3. Вплив варійованих факторів на стиранність бетонів і фібробетонів

Аналіз діаграми показує, що дисперсне армування знижує стирання бетонів на 30..35%, до значень у межах 0,2..0,24 г/см². У свою чергу склади з максимальною кількістю прискорювача твердіння без сталевих фібри також мають досить низький показник стиранності, що позитивно позначатиметься на довговічності ремонтних бетонів.

Також слід розуміти, що для ремонтних матеріалів адгезія до основи, тобто до матеріалу конструкції, що ремонтується, є одним з найбільш важливих показників якості. Величина адгезійної міцності досліджених бетонів і фібробетонів до бетонної основи визначалася методом відриву за методикою EN 1542:1999 «Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Test methods». Також адгезійна міцність визначалася методом розтягу при згині зразків-балок розміром 10×10×40 см. Одна половина балок була виготовлена зі «старого бетону» класу С32/40. Друга половина виготовлялася з дослідженого бетону або фібробетону, що укладався у форму, в який знаходилася половинка зі «старого бетону». Тобто новий бетон контактував зі старим через торцеву поверхню «старої» половини. При такій методиці адгезійна міцність визначалася розтягуванням при згині при 3х точковій схемі навантаження.

Встановлено, що всі досліджені бетони і фібробетони характеризуються достатньо високою адгезійною міцністю до старого бетону, від 2,3 МПа при використанні методу відриву та від 2,05 МПа при використанні методу розтягу при згині. За рахунок обробки поверхні «старого» бетону ґрунтовкою ІЗОГРУНТ адгезійна міцність складів, які використовуються для ремонту, підвищується на 0,09..0,24 МПа. Дисперсне армування сталеву фібру відчутно підвищує адгезійну міцність. При введенні волокон у кількості 50 кг/м³ величина визначеної різними методами адгезії підвищується на 7-9%. При дозуванні фібри у кількості 90..100 кг/м³ адгезія зростає на 11..15% у порівнянні з неармованими бетонами. Такий ефект пояснюється як зростанням міцності самого ремонтного складу за рахунок дисперсного армування, так і зниженням усадки бетону на 18..20% при твердінні за рахунок армування. При використанні прискорювача SikaRapid 3 адгезійна міцність бетонів і фібробетонів знижується, що пояснюється зниженням міцності ремонтного матеріалу у проектному віці. Проте це зниження повністю компенсується дисперсним армуванням.

Таким чином, модифіковані фібробетони відповідають усім основним вимогам до матеріалів для ремонту жорстких дорожніх покриттів. Застосування таких бетонів дозволяє швидко відновлювати рух та забезпечує якісну спільну роботу ремонтного матеріалу з основою. Оптимальними з позиції забезпечення міцності на стиск та на розтяг при згині є склади бетонів з кількістю прискорювача від 1 до 2% від маси цементу (4..8 кг/м³) та кількістю фібри від 60 до 90 кг/м³. Такі склади фібробетонів вже у віці 2-х діб мають міцність на стиск не менше 55 МПа та міцність на розтяг при згині не менше 8,5 МПа. Довговічність ремонтних бетонів та фібробетонів забезпечується високими показниками морозостійкості (F200) та низькою стиранністю (<0,24 г/см²).

Список літератури

1. Zhao Zhiqin, Ma Qingma, Xu Qian, Sun Feng. A review: fast repair technology of cement concrete pavement. E3S web of conferences, 2019, 136, 04053, pp. 1-4.
2. Van Dam T. J., Peterson K. R., Sutter L. L., Panguluri A., Sytsma J. Final report for early-opening-to-traffic Portland cement concrete for pavement rehabilitation. Transportation research board of the national academies 2005, 162 p.
3. Kabashi N., Krasniqi C., Hadri R., Sadikah A. Effect of fibre reinforced concrete and behavior in rigid pavements. International journal of structural and civil engineering research, 2018, 7 (1), pp. 29-33.
4. Kos Ž., Kroviakov S., Kryzhanovskiy V., Grynyova I. Research of strength, frost resistance, abrasion resistance and shrinkage of steel fiber concrete for rigid highways and airfields pavement repair. Applied Sciences, 2022, 12 (3), 1174. <https://doi.org/10.3390/app12031174>
5. Толмачев С.Н., Кондратьева И.Г., Чугуенко А.Н., Гринченко Р.О. Взаимосвязь истираемости и морозостойкости дорожных бетонов. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожного університету. 2005, №30, С. 52-55.

EFFECTIVE FIBER CONCRETE FOR REPAIRING DAMAGED RIGID PAVEMENT

Sergii Kroviakov, Vitalii Kryzhanovskiy

Abstract. *The properties of fiber concrete for deep repair of rigid pavement were investigated using a planned experiment. It was established that the introduction of the Sika Rapid 3 accelerator increases the early (2 days) compressive strength of concrete by 9 MPa or more and the tensile strength by 0.6...0.7 MPa. At the age of 28 days, concretes and fiber concretes with a hardening accelerator are characterized by slightly lower strength compared to compositions without additives. Due to the use of steel anchor fiber, the early compressive strength of concrete increases by 3..5 MPa, the design compressive strength increases by 7..10 MPa. Also due to dispersed reinforcement, the tensile strength increases from 5.6..6.1 MPa to 8.5..9.3 MPa at the age of 2 days and from 7..8.5 MPa to 15.5..17.5 MPa at the age of 28 days. Dispersed reinforcement reduces the abrasion resistance of concrete by 30..35%, increases the adhesive strength and frost resistance of concrete by 9..15%. The shrinkage of concrete is reduced by 18..20% due to the use of a rational amount of fiber and a hardening accelerator. The developed modified fiber concretes meet all the basic requirements for materials for repairing rigid pavement. The use of such fiber concretes allows you to quickly restore movement and ensures high-quality joint work of the repair material with the base.*

Keywords: rigid pavement; steel fiber; hardening accelerator; early strength; adhesion; repair; restoration.

УДК 69.059.64

Актуальність переробки будівельного сміття та огляд впливу на навколишнє середовище

Дьяченко О.С., Кібаленко В.С., Тверда Д.Д.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *Застарілість житлового фонду в Україні та велика кількість будівель і споруд знищених або пошкоджених внаслідок військової агресії РФ, призводить до необхідності пошуку рішень, які б дозволяли швидко і з мінімальними затратами виконувати сортування будівельного сміття, його переробку і повторне використання продуктів переробки у будівельній галузі. У роботі було виконано огляд складових будівельного сміття, визначені основні його види і вплив на оточуюче середовище і персонал. Визначено, що ще на початкових етапах організації процесу переробки необхідно точно встановити напрямки подальшого використання продуктів переробки, що дозволить максимально використовувати продукти переробки у місцях їх виникнення при зведенні нових будівель і споруд та забезпечить скорочення логістичного ланцюга «сортування – переробка – розподіл – повторне використання», що має на меті здешевити будівельні матеріали, що виготовляються із використанням вторинної сировини, зменшити кількість будівельного сміття, яке потрапляє на полігони твердих побутових відходів і скоротити виснаження природних ресурсів.*

Ключові слова: переробка; будівлі; обладнання; реконструкція; сортування; будівельне сміття.

Для різного роду потреб суспільства так чи інакше необхідно зводити нові або оновлювати застарілі наземні конструкції. Наземні конструкції поділяються на два основні види: будівлі і

споруди. Будівлі складаються з окремих, взаємопов'язаних між собою несучих і огорожувальних конструкцій, призначених для перебування і проживання людей, а також для виконання різних промислових процесів. Споруди – це будівлі спеціального призначення, які як і будинки мають несучі і, іноді, огорожувальні конструкції і призначені для виконання виробничих процесів різних видів. До споруд відносять вежі, пам'ятники, мости тощо. У залежності від функціонального призначення, як будівлі так і споруди поділяються на цивільні(житлові і громадські) і промислові. Будівлі і споруди, у залежності від їх технічного стану, історичної цінності, енергоефективності, можуть вимагати процесів технічного обслуговування, модернізації, відновлення і ремонту, а також реставрації.

Особливо гостро це стосується житлового фонду, оскільки станом на 2020 рік в Україні понад 80% житлового фонду збудовано ще до 1980 років. З точки зору енергоефективності таке житло не відповідає сучасним вимогам по енергоспоживанню, є незручним до користування інклюзивними групами населення та вимагає частих ремонтів інженерних мереж через їх моральну і фізичну зношеність. До прикладу у Києві, станом на грудень 2022 року вичерпали свій ресурс та мають незадовільний технічний стан – 5395 будинків[2].

Актуальність оновлення житлового фонду підвищилася у зв'язку з масовим руйнуванням будівель і споруд унаслідок повномасштабного вторгнення РФ. У результаті чого в Україні виникла найбільша в її новітній історії житлова криза. Станом на лютий 2023 року в Україні понад 170 тисяч будинків різного ступеню руйнування(див.рис.1)[3].

Вже зараз необхідно задумуватися над рішенням житлової кризи і виконувати планування і впровадження процесів по оновленню житлового фонду. Оновлення може відбуватися двома основними шляхами: перший – знесення старих або пошкоджених будинків і зведення на їх місці нових і сучасних, другий – якісні і комплексні процеси моніторингу, відновлення, ремонту, модернізації і реставрації вже існуючих будинків.



Рис.1. Фото будівель різного ступеню руйнування внаслідок бойових: а – пошкоджена будівля у місті Соледар; б – зруйнована будівля у місті Бахмут; в – зруйнована приватна будівля у селі Мощун.

Так чи інакше під час проведення цих процесів з'являється велика кількість будівельного сміття, Будівельне сміття в Україні у більшості випадків потрапляє на сміттєзвалища або полігони твердих побутових відходів(ТПВ). Відсоток будівельного сміття, яке переробляється на вторинну сировину в Україні не оцінено і досі. Однак відсоток перероблених в Україні твердих побутових відходів, до яких відноситься і будівельне сміття, станом на 2019 рік склало лиш 4,6% від загальної кількості[4]. У іншому джерелі станом на 2022 рік відсоток перероблених твердих побутових відходів від загальної кількості – 3,2%[5].

За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства в Україні станом на грудень 2020 року налічується 5455 сміттєзвалищ і полігонів ТПВ загальною площею понад 8,5 тисяч гектарів без врахування стихійних сміттєзвалищ ТПВ.

Утворення будівельного сміття і відсутність його переробки породжує дві проблеми. Перша – виснаження природних ресурсів, що виникає через відсутність переробки будівельного сміття і повторного використання продуктів переробки. Друга – засмічення великих площ і ділянок, які стають полігонами для захоронення, що веде у свою чергу як до забруднення навколишнього середовища так і до неможливості їх подальшого використання як сільсько-господарських угідь. Останнє є особливо актуальним для нашої держави оскільки Україна, передусім, є сільсько-господарською країною і є однією з головних експортерів окремих культур[1].

Тому необхідність збільшення відсотку переробки твердих побутових відходів загалом і будівельного сміття зокрема у вторинну сировину і її використання у різних галузях промисловості є стратегічною для України.

У зв'язку з чим авторами даної роботи визначені наступні напрямки дослідження:

- огляд компонентів будівельного сміття, які утворюються внаслідок руйнування будівель і споруд;
- аналіз їх впливу на навколишнє середовище;
- визначення можливості їх переробки і подальшого використання у різних галузях.

Основними елементами будівельного сміття, які утворюються у процесі розбирання будівель і їх залишків є: залізобетонний лом, цегляний бій, металопластикові конструкції, скляні вироби, металеві конструкції, руберойд та азбоцементні вироби, теплоізолювальні матеріали, дерев'яні вироби і конструкції, тощо.

Будівельне сміття зі зруйнованих і пошкоджених будівель, які підлягають розбиранню, транспортуванню і переробці поділяються на наступні види[6]:

- Малонебезпечні (будматеріали, конструкції);
- Небезпечні за своїми розмірами(за довжиною, шириною, висотою);
- Особливо небезпечні (отруйні речовини).

До малонебезпечних можна віднести різного роду металеві, пластикові, залізобетонні, дерев'яні конструкції, цегляні, бетонні і скляні вироби. Вони не вимагають спеціальних умов роботи персоналу під час процесу розбирання, транспортування і переробки.

До особливо небезпечних відносяться такі, які забруднюють навколишнє середовище та/або особливо шкідливі для людини. До таких вантажів відноситься мінеральна вата, різного роду пінопласти та азбестоцементні вироби. Під час роботи з такими матеріалами необхідно дотримуватися відповідних правил та інструкцій поводження з ними.

Небезпечними за своїми розмірами можуть бути залишки матеріалів і конструкцій з обох наведених вище видів. Такі види матеріалів і конструкцій несуть небезпеку при розбиранні будівель, розвантажувально-навантажувальних роботах і вимагають планування процесів їх транспортування у місця переробки.

Варто зазначити, що не все будівельне сміття придатне до переробки, тому у процесі розбирання варто виконувати первинне сортування[7]. Ситуація ще більш ускладнена у випадку розбирання будівель, які були знищені у результаті військових дій, оскільки будівельне сміття у цьому випадку складається з хаотично розподілених залишків різних за структурою й походженням матеріалів, у тому числі виробів побуду людей(меблі, побутова техніка, тощо). При розбиранні завалів, сортуванні, транспортуванні і переробці будівельного сміття необхідно дотримуватися техніки безпеки при поводженні з тим чи іншим матеріалом.

Особливої уваги також потребує точне визначення призначення використання продукції переробки будівельного сміття.

До прикладу залізобетонний і бетонний лом підлягає переробці його у вторинний щебінь, який у подальшому використовується у якості підсипки при будівництві доріг або як наповнювач для бетонної суміші. Вторинний щебінь має меншу вартість за первинний і дозволяє здешевити вироби, виготовлені з його використанням та зменшити обсяги видобування породи у кар'єрах. Проблемою при транспортуванні і переробці бетону і залізобетону є високий ступінь пилоутворення у результаті чого забруднюється оточуюче середовище[8]. Тому необхідно використовувати мобільні переробні комплекси і локалізувати місця переробки поблизу будівництв або підприємств споживачів вторинного щебеню, дотримуватися правил і інструкцій захисту персоналу і довколишнього середовища.

Метали, які лишаються при розбиранні залізобетону, металопластикових конструкцій та інженерних мереж повністю переробляються у вторинну сировину і використовуються повторно як у будівництві так і у інших галузях промисловості. При розбиранні, транспортуванні не шкідливі як для персоналу так і для екосистеми, однак їх переробка виконується на підприємствах металургійної галузі з використанням складних технологічних процесів.

Азбестоцементні вироби, такі як шифер, труби, листи мають у своєму складі азбест. Азбест є сильним канцерогеном і при потраплянні у легені здатен викликати серйозні хронічні захворювання або призводити до раку. Азбестові відходи частково використовуються у якості добавок до будівельних матеріалів, але найчастіше похідні від нього відходи захоронюються на полігонах ТПВ. Процеси демонтажу, транспортування, переробки і захоронення виконуються при суворому дотриманні спеціальних норм і правил(рис.2).



Рис.2. Захист персоналу при демонтажі шиферу з дахів будівель

Пластмаси, які використовуються у будівництві і побуті поділяються на термопласти(полівінілхлорид, поліетилен, полістирол) і реактопласти. Процес розкладання в землі перевищує в багато разів час розкладання органічних відходів і без належного поводження здатні нанести велику шкоду довколишньому середовищу, тому утилізація таких відходів дуже важлива. Термопласти добре переробляються у вторинну сировину і використовуються повторно при виготовленні металопластикових вікон, тепло- і шумоізолювальних матеріалів, тощо. Реактопласти вимагають більш складних технологій для їх переробки або утилізації. Їх подальше використання можливе у якості наповнювачів для лаків, фарб, будматеріалів, тощо.

Як бачимо актуальним напрямком в Україні, особливо на фоні як застарілого житлового фонду так і пошкодження і руйнування житлової забудови у результаті військових дій, є саме вчасна і якісна переробка будівельного сміття. У роботі було оглянуто основні види будівельного сміття, яке утворюється у результаті розбирання знесених, зруйнованих і знищених будівель, означені напрямки і можливості його подальшого використання у промисловості України, проаналізовані фактори небезпеки, з якими пов'язане сортування, транспортування і переробка.

Визначено, що ще на початкових етапах організації процесу переробки будівельного сміття необхідно точно встановити напрямки подальшого використання продуктів переробки, розуміти їх вплив на оточуюче середовище і персонал у процесі переробки, транспортування і повторного використання, що має на меті звести до мінімуму вплив на оточуюче середовище, дозволить максимально використовувати продукти переробки у місцях їх виникнення при зведенні нових будівель і споруд та забезпечить скорочення логістичного ланцюга «сортування – переробка– розподіл – повторне використання», що має на меті здешевити вартість будівництва за рахунок здешевлення будівельних матеріалів.

Список літератури:

1. Сільське господарство в Україні. URL:<https://dlf.ua/ua/silске-gospodarstvo-v-ukrayini/>(дата звернення: 20.05.2023)
2. У столиці планують реконструювати об'єкти застарілого житлового фонду. URL:<https://kmr.gov.ua/uk/content/ustolyци-planuyut-rekonstruyuvat-obyekty-zastarilogo-zhytlovogo-fondu> (дата звернення:20.05.2023)
3. До і після. Погляд з супутника на міста України, зруйновані Росією. URL:<https://www.radiosvoboda.org/a/skhemy-rik-vtorhnennya-suputnyk/32279385.html>(дата звернення: 20.05.2023).
4. Оцінка впливу на довкілля при будівництві полігонів ТПВ. URL:<https://mcl.kiev.ua/ocenka-vozdjeystvija-na-okruzhajushhuju-sredu-pri-stroitelstve-poligonov-tbo/>(дата звернення:20.05.2023).
5. Сміттева катастрофа в Україні: як позбутися відходів завдяки досвіду ЄС. URL:<https://ecopolitic.com.ua/ua/news/smittieva-katastrofa-v-ukraini-yak-pozbutisya-vidhodiv-zavdyaki-dosvidu-ies/>(дата звернення:20.05.2023).
6. Кухнюк О.М., Кусковець С.Л., Сурговський М.В., Прокопчук Н.М. Практикум з охорони праці: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2010. 266 с.
7. Berge, B. (2009). The ecology of building materials. Routledge.
8. Pacheco-Torgal, F. (2022). Introduction to advances in the toxicity of construction and building materials. In Advances in the Toxicity of Construction and Building Materials (pp. 1-7). Woodhead Publishing.

RELEVANCE OF CONSTRUCTION WASTE PROCESSING AND ENVIRONMENTAL IMPACT OVERVIEW

Oleksandr Diachenko, Vladyslav Kibalenko, Daria Tverda

Abstract. *The global obsolescence of the housing stock in Ukraine, as well as a large number of buildings and structures destroyed or severely damaged as a result of the military aggression of the Russian Federation, leads to the need to find solutions that would allow for quick and minimal cost sorting of construction waste, its processing and reuse of processing products in construction industry. In the work, an overview of the components of construction waste was performed, its main types and impact on the environment and personnel were determined. It was determined that even at the initial stages of the organization of the recycling process, it is necessary to accurately establish the directions for the further use of recycling products, which will allow the maximum use of recycling products in the places of their origin during the construction of new buildings and structures and will ensure the reduction of the logistics chain "sorting - processing - distribution - reuse", which aims to reduce the cost of construction materials manufactured using secondary raw materials, reduce the amount of construction waste that ends up in solid household waste landfills, and reduce the depletion of natural resources.*

Keywords: *processing; buildings; equipment; reconstruction; sorting; construction waste.*

УДК 330.33/.36

Економічна справедливість і рівність: філософські та економічні розгляди при використанні інноваційних технологій відновлення інфраструктури в Україні

Мацала М.І., Казьмін О.Г., Тімченко А.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *У статті розглянуто філософсько-етичний виклик, що передбачає вирішення етичної дилеми між різними етичними парадигмами, а також виклики, пов'язані з використанням інноваційних технологій у відновленні інфраструктури в Україні. Питання економічної рівності та справедливості є важливими для розвитку країни, оскільки вони визначають соціальний прогрес і розвиток країни в цілому. Проблеми полягають у забезпеченні економічної рівності та справедливості, створенні нових робочих місць та сприянні розвитку підприємництва. Крім того, необхідно зосередитись на розвитку інноваційних технологій, які можуть допомогти вирішити проблеми економічної нерівності та забезпечити рівність можливостей. Таким чином, вирішення цих проблем є важливим для забезпечення стабільного економічного та соціального розвитку країни.*

Ключові слова: *економічна рівність; економічна справедливість; інноваційні технології; відновлення інфраструктури; розвиток підприємництва; робочі місця; соціальний прогрес.*

Філософські аспекти розгляду теми економічної справедливості і рівності

Війна в Україні передбачає наступний філософсько-етичний виклик з точки зору продовження побудови ринкової економіки: сприймати ситуацію в Україні стосовно потреби відновлення інфраструктури з виключно гуманітарних позицій, чи шукати прибуткові бізнес-можливості, котрі можуть вступати в протиріччя, бо якщо у випадку застосування бізнес-логіки, бізнес шукає прибуткові проекти для інвестицій, як у випадку найбільшої у світі компанії з управління активами BlackRock, що мала зустріч із Президентом України В. Зеленським 6 травня 2023 року в Києві [1, с. 1]. Тобто завдання України, чия мотивація у залученні інноваційних технологій відновлення інфраструктури в Україні переважно гуманітарна, створити сприятливі умови для закордонних партнерів, як компанія BlackRock, що має більш прагматичну утилітарну мотивацію співпраці з Україною стосовно надання їй інноваційних технологій відновлення інфраструктури.

Балансування між деонтологічною етичною парадигмою Канта і утилітарною етичною парадигмою Бентама бачиться наразі як головний виклик для України стосовно залучення інноваційних технологій відновлення інфраструктури [2, с. 405]. Такий баланс задовольнив би і гуманітарну мотивацію України у відбудові своєї інфраструктури за допомогою отриманих

інноваційних технологій, а закордонні партнери як BlackRock отримали б свою бізнес-вигоду від інвестицій в Україну.

Західна філософська думка сьогодні визначає головну етичну дилему і дихотомію між теорією акціонерів Мілтона Фрідмана (Friedman's shareholder theory) та теорією зацікавлених сторін (stakeholder theory) [3, с. 51]. Остання закликає до більшої економічної справедливості і рівності через більш справедливу зарплатню для найманих працівників з одного боку та більшу увагу до питань зміни клімату і захисту довкілля з іншого боку. Не зважаючи на це, домінуючою теорією корпоративної соціальної етики (corporate social responsibility, або CSR) залишається теорія акціонерів Мілтона Фрідмана, сформульована у статті, опублікованій в газеті Нью-Йорк Таймс в 1970 році під назвою “Доктрина Фрідмана -- Соціальна відповідальність бізнесу полягає у збільшенні прибутків” [4, с. 1]. Тобто, “У системі вільного підприємництва та приватної власності керівник корпорації є працівником власників бізнесу” [4, с. 1]. Тобто, мова про те, що західні корпорації повинні допомагати Україні стосовно надання інноваційних технологій відновлення інфраструктури України, може сприйматися лише за згоди більшості акціонерів, а не корпоративного менеджменту. Тобто, зусилля України стосовно залучення інноваційних технологій відновлення інфраструктури України має зосереджуватися на акціонерах даних корпорацій, а не корпоративного менеджменту, котрий лише виконує волю своїх ключових акціонерів.

Ще одним викликом для України у переконанні ключових акціонерів західних корпорацій стосовно залучення інноваційних технологій відновлення інфраструктури України є та обставина, що ряд ключових демократій світу, а саме Сполучене Королівство і США є настільки конкурентними економіками і суспільствами, що в них переважають корпорації, у котрих немає акціонерів з контрольним пакетом акцій, тобто вести переговори з британськими і американськими корпораціями стосовно залучення інноваційних технологій відновлення інфраструктури України означає складний багатоступеневий переговорний рівень зв'язку з різними групами акціонерів і проведення переговорів із кожною групою, і лише після переконання декількох груп, Україна може зрушити з місця загальний переговорний процес на свою користь лише в одній окремо взятій британській чи американській корпорації [5, с. 46].

Економічні аспекти розгляду теми економічної справедливості і рівності

Економічні аспекти розгляду теми економічної справедливості та рівності є важливими для будь-якої країни, оскільки вони визначають соціальний прогрес і розвиток країни в цілому. Розподіл багатства та соціальна справедливість є основними аспектами, які впливають на рівень життя громадян і їхню готовність до співпраці з владою.

У світі існує багато різних моделей економіки, що базуються на різних принципах. Однак, незалежно від моделі, важливо забезпечити економічну рівність та справедливість. Це означає, що кожен громадянин має право на можливість отримання рівної плати за рівну працю.

Суттєвою теоретичною та практичною проблемою є питання про джерела справедливості. Держава, ринки або громадянське суспільство - хто має бути постачальником ресурсів та послуг, що є умовами реалізації відповідних очікувань? Прихильники неоліберального підходу, такі як Ф. Хайек, В. Репке та Т. Саррацин, вважають, що вільний рух ресурсів, капіталів та робочої сили створює найкращі умови для ефективного використання ресурсів, реалізації суспільних потреб та захисту тих груп населення, які цього потребують. Але прихильники моделі соціально-орієнтованої економіки, такі як Дж. Стігліц, А. Сен, Т. Аткинсон та Дж. Роллз, вважають, що в ринковій системі відсутні механізми автоматичного вирівнювання та перерозподілу доходів. Отже, система повинна будуватися на соціальних критеріях та обмеженнях, які спрямовуватимуть ринкові сили у русло задоволення суспільних потреб, включаючи потреби у справедливості. Крім того, до соціальних благ повинен мати доступ кожен, включаючи освіту та медичні послуги [6, с. 2]

Важливо також зосередитись на розвитку інноваційних технологій, які можуть допомогти розв'язувати проблеми економічної нерівності та забезпечити рівність можливостей. Наприклад, цифрові технології можуть допомогти зменшити відставання віддалених регіонів, а також покращити доступ до послуг та інформації для всіх громадян.

Таким чином, економічні аспекти розгляду теми економічної справедливості та рівності є дуже важливими для розвитку будь-якої країни. Вони вимагають глибокого дослідження та пошуку нових рішень, щоб забезпечити рівний доступ до соціальних благ та зрівняти рівень життя всіх громадян.

Україна має один з найнижчих рівнів середнього класу у світі, що є серйозною проблемою для економічного та соціального розвитку країни. Рівень середнього класу станом на 2016 рік складав 14.2%. Середній клас відіграє важливу роль у будь-якій економіці, оскільки він стимулює попит на товари та послуги, забезпечує соціальну стабільність та сприяє розвитку підприємництва [7, с. 43].

Проблема низького рівня середнього класу в Україні виникла через ряд факторів, включаючи низькі заробітні плати, недостатню кількість робочих місць, низький рівень освіти та інші соціально-економічні проблеми. Це створює негативний вплив на економіку країни, знижує рівень конкурентоспроможності та зменшує можливості для підприємництва та інновацій.

Для розв'язання проблеми низького рівня середнього класу в Україні, необхідно забезпечити стабільний економічний розвиток, створювати нові робочі місця та сприяти розвитку підприємництва. Крім того, необхідно забезпечити високий рівень освіти та створити умови для розвитку інноваційних технологій, що можуть сприяти розвитку економіки країни та створенню нових можливостей для середнього класу.

Інноваційні технології відновлення інфраструктури в Україні

Через ситуацію пов'язану із військовою агресією росії в сторону України (військовий напад на Україну) інфраструктура країни сильно постраждала. За один рік війни інфраструктура країни постраждала на 143,8 млрд. Доларів США [8, с. 5]. В цю суму входять дві сотні тисяч автомобілів, більше півтори сотні житлових будівель, більше трьох тисяч закладів освіти та інше. Ситуація із поки тимчасово окупованими територіями країни досі залишається загадкою і буде підлягати оцінці після повернення цих територій під управління центральною владою країни.

Відновлення будівельної галузі після війни - це завдання важливе для економіки країни, але воно не є легким. Список проблем, які перешкоджають поверненню до нормального функціонування, є досить довгим. Одна з найголовніших проблем - це зруйнована інфраструктура виробництва будівельних матеріалів. Це призводить до нестачі матеріалів та зростання їх вартості.

Щоб відновити будівельну галузь, необхідно залучати інвестиції від держави та приватних інвесторів. Проте, для цього необхідно забезпечити створення сприятливих умов для інвестування. До таких умов можна віднести зменшення бюрократичних перешкод, спрощення процедур отримання дозволів на будівництво, зниження податкового тягаря на будівельні підприємства та інші заходи, які дозволять залучати інвестиції в галузь.

Також важливо звернути увагу на розвиток інноваційних технологій в будівельній галузі. Розробка нових технологій будівництва та виробництва будівельних матеріалів може збільшити продуктивність та підвищити якість продукції, що в свою чергу забезпечить зниження вартості та збільшення конкурентоспроможності галузі.

Наступним важливим кроком є підвищення кваліфікації робочої сили в будівельній галузі. Нові технології вимагають високо кваліфікованих кадрів, які зможуть їх впроваджувати та використовувати. Для цього можна проводити спеціальні курси та тренінги, які допоможуть підвищити кваліфікацію працівників.

Крім того, необхідно звернути увагу на екологічний аспект будівництва. Нові технології повинні бути більш екологічно чистими, що забезпечить зменшення впливу будівництва на довкілля. Для цього можна використовувати відновлювальні джерела енергії та інші екологічно чисті технології.

Зазначені тенденції актуалізують проблему пошуку інноваційних концептуальних підходів до державного регулювання будівельної галузі з урахуванням трансформаційної перебудови системи й структури публічного управління. Так, О. Марушева пропонує вирішення проблеми шляхом удосконалення механізму нормативно-правового регулювання відносин у будівельній галузі й стверджує, що запровадження нових механізмів потребує систематичного аналізу та визначення підходів щодо реформування галузі. Окрім цього, запровадження нових механізмів регулювання вимагає співпраці з представниками будівельної галузі, адже тільки за умови співпраці можна забезпечити оптимальні умови для розвитку галузі [9, с. 126]. Безумовно, не можна не погодитися з

думкою, що створення єдиного прозорого та доступного інформаційного середовища спростить процеси та механізм державного управління у будівельній галузі. Тому, для досягнення цієї мети, можна розглянути запровадження нових програм та ініціатив, спрямованих на створення єдиного інформаційного простору з метою покращення якості державного регулювання будівельної галузі.

Тому, в повоєнний період, ми повинні звернути більше уваги на дослідження проблеми остаточної імплементації європейських норм і стандартів. Також, ми повинні приділити увагу страхуванню будівельної діяльності та оцінюванню можливостей виходу вітчизняних будівельних організацій на міжнародний ринок. Це дозволить нам посилити позиції країни в міжнародному рейтингу конкурентоспроможності держав.

Крім того, ми повинні звернути увагу на посилення цифровізації будівельної сфери. Це дозволить нам збільшити ефективність роботи і покращити якість будівництва. Також, ми повинні запровадити параметричний підхід до розвитку технічних аспектів державного регулювання будівельної галузі. Це допоможе нам виконувати вимоги щодо забезпечення громадської безпеки, енергоефективності та охорони праці при здійсненні будівельних робіт.

Порівняно з країнами Європейського Союзу, країни транзитивного типу, включаючи Україну, ще не повністю відповідають за виконання вимог щодо забезпечення громадської безпеки, енергоефективності та охорони праці при здійсненні будівельних робіт. Тому, нам потрібно приділити увагу цим питанням, щоб забезпечити безпеку та ефективність будівництва в нашій країні.

Висновок

Після війни в Україні відновлення будівельної галузі є важливим завданням для економіки країни, але воно не є легким. Зруйнована інфраструктура виробництва будівельних матеріалів - одна з найголовніших проблем. Щоб відновити галузь, необхідно залучати інвестиції від держави та приватних інвесторів, створювати сприятливі умови для інвестування, розвивати інноваційні технології, підвищувати кваліфікацію робочої сили, звертати увагу на екологічний аспект будівництва та посилювати цифровізацію будівельної сфери.

Список літератури

1. Пилипів, Ігор. "Світовий інвестгігант BlackRock допомагатиме Фонду розвитку України." Економічна правда, May 6, 2023. <https://www.epravda.com.ua/news/2023/05/6/699839/>.
2. Gray, Kurt, and Chelsea Schein. "Two minds vs. two philosophies: Mind perception defines morality and dissolves the debate between deontology and utilitarianism." *Review of Philosophy and Psychology* 3 (2012): 405-423.
3. Tse, Terence. "Shareholder and stakeholder theory: After the financial crisis." *Qualitative Research in Financial Markets* 3, no. 1 (2011): 51-63.
4. Friedman, Milton. "The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits." *The New York Times*, September 13, 1970. <https://www.nytimes.com/1970/09/13/archives/a-friedman-doctrine-the-social-responsibility-of-business-is-to.html>.
5. Morck, Randall K., and Lloyd Steier. "The Global History of Corporate Governance: An Introduction." www.nber.org, January 24, 2005. <http://www.nber.org/papers/w11062>.
6. Суперечлива єдність економічної ефективності і соціальної справедливості як чинник функціонування та еволюції економічних систем / О. Яременко // *Економічна теорія*. - 2016. - № 4. - С. 19-32. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecte_2016_4_3
7. Рачок А. Середній клас в Україні: Уявлення і реалії. Режим доступу: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2016_Seredn_klas.pdf
8. KSE Analytic book. За рік повномасштабної війни росія завдала збитків інфраструктурі України на майже \$144 млрд. - 2023. - Режим доступу: <tps://damaged.in.ua/damage-assessment>
9. Марушева О.А. Шляхи вдосконалення механізму нормативно-правового регулювання соціально-економічних відносин у будівництві в Україні. Інвестиції: практика та досвід. 2020. № 2. С. 126-133.

ECONOMIC JUSTICE AND EQUALITY: PHILOSOPHICAL AND ECONOMIC CONSIDERATIONS WHEN USING INNOVATIVE INFRASTRUCTURE RESTORATION TECHNOLOGIES IN UKRAINE

Matsala M.I., Kazmin O.G., Timchenko A.V.

Abstract. The article examines the philosophical and ethical challenge, which involves solving the ethical dilemma between different ethical paradigms, as well as the challenges associated with the use of innovative technologies in infrastructure restoration in Ukraine. Issues of economic equality and justice are important for the development of the country, as they determine the social progress and development of the country as a whole. The challenges are to ensure economic equality and justice, create new jobs and promote the development of entrepreneurship. In addition, it is necessary to focus on the development of innovative technologies that can help solve the problems of economic inequality and ensure equality of opportunity. Thus, solving these problems is important for ensuring stable economic and social development of the country.

Keywords: economic equality; economic justice; innovative technologies; infrastructure restoration; development of entrepreneurship; working places; social progress.

УДК 693.1

Аналіз енергетичних законів руйнування матеріалів

Міщук Є. О., Назаренко І.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. В роботі наведено аналіз останніх досліджень в області процесів руйнування матеріалів на основі яких було встановлено, що сучасні методи визначення енергії руйнування матеріалу суттєво розрізняються між собою, базуються на різних енергетичних гіпотезах, як за прийнятими допущеннями, так і за отриманими результатами. Таким чином, відсутність загальноприйнятої моделі процесу подрібнення та єдиної методики визначення енергозатрат процесу руйнування матеріалів дробильними машинами, є тією проблемою, що потребує вирішення. З цією метою було проведено аналіз основних класичних законів руйнування матеріалів в камері дроблення. Майже всі класичні закони описуються за допомогою використання коефіцієнтів пропорційності, які враховують фізичні властивості матеріалу, затрати на тертя у вузлах машини, теплові втрати, кількість матеріалу в камері дроблення та інші параметри, що впливають на процес руйнування. Це призводить до складності визначення впливу окремих параметрів на процес руйнування, крім цього самі коефіцієнти не мають методики розрахунку і в більшості випадків визначаються експериментальним шляхом. Для відповідних умов руйнування були встановлені межі зміни коефіцієнтів пропорційності основних енергетичних законів. Широкі межі зміни коефіцієнтів свідчать про значну стохастичність самого процесу, та не дають вірно описати картину руйнування.

Ключові слова: енергія; дробарка; параметри механічного режиму; розмір сита; модуль пружності.

Всі існуючі на сьогодні енергетичні закони які описують процесу руйнування в камері дроблення дробильних машин можна умовно розділити на дві групи. Перша група це основні закони і друга група це енергетичні закони які доповнюють або уточнюють закони із першої групи.

Перший закон Рітгінгера встановлює, що енергія руйнування матеріалу є пропорційною новоутвореній поверхні. Даний закон записується наступним чином [1], [2], [3]:

$$A_{\Sigma rit} = 3A_{rit} = 18K_{rit}(i-1)D^2 \quad (1)$$

В джерелі [4] зазначається, що значення питомої енергії дроблення для шокових дробарок знаходиться в межах 0,828-1,98 кДж/кг. Дане значення отримано при дробленні магматичних порід, а саме граніт, діабаз, метабазальт. Для осадових порід (алевроліт) питома енергія руйнування приблизно дорівнює 1,26 кДж/кг.

В джерелі [5] були проведені дослідження по визначенню питомої енергії руйнування вапнякових порід, яка склала 1,012-3,298 кДж/кг. В джерелі [6], на основі дослідження,

зазначається, що питома енергія руйнування граніту дорівнює 1,5 кДж/кг, а для вапняку приблизно 1 кДж/кг. Дані дослідження дають нам практичні значення меж витрат питомої енергії для шоккових дробарок при руйнуванні відповідних гірських порід. Також в джерелі [6] зазначається, що теорія Бонда для визначення енергії руйнування є не точною при руйнуванні одиничного сферичного тіла в камері дроблення шоккової дробарки.

В джерелі [7] встановлено, що енергія руйнування діабазу в камері дроблення шоккової дробарки лежить в межах 2,56-4,09 кДж/кг. Для осадових порід значення питомої енергії руйнування складає 1,16-1,93 кДж/кг. Проте слід зазначити, що енергія в роботі [7] вимірювалась безпосередньо на валу двигуна. В попередньо розглянутих роботах енергія дроблення визначалась або в камері дроблення дробарки або за допомогою спеціальних тестів на руйнування.

Знаючи питому енергоємність процесу дроблення та розміри вихідного матеріалу можна визначити діапазон зміни коефіцієнту пропорційності по Ріттингеру для відповідного класу машин.

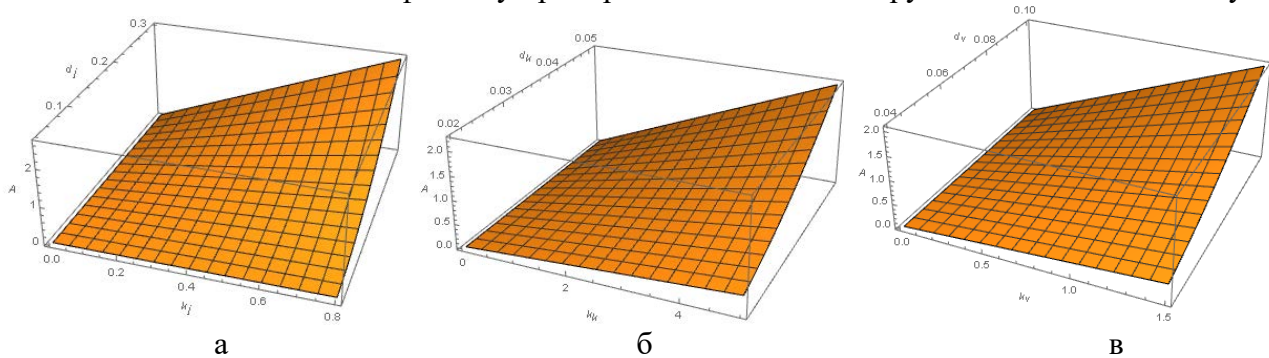


Рис.1. Графіки залежності коефіцієнту пропорційності по теорії Ріттингера від затрачуваної енергії:
а – шоккові дробарки із складним рухом шоки; б – конусні дробарки середнього дроблення; в – вібраційні шоккові дробарки

По отриманому діапазону значень для коефіцієнту пропорційності по Ріттингеру можна зробити наступні висновки. Для більшості дробильних машин із прийнятої вибірки коефіцієнт Ріттингера змінюється в межах від 0 до 1. І тільки в конусних дробарках середнього дроблення та вібраційних шоккових дробарках коефіцієнт Ріттингера змінюється від 0 до 5. Дробильні машини в яких коефіцієнт Ріттингера може приймати значення більше 1 застосовуються на стадіях мілкового дроблення і мають відносно значні степені дроблення. Це підтверджує той факт, що для менших фракцій матеріалу необхідно затратити більшу кількість енергії.

Іншим фундаментальним підходом до визначення енергозатрат є закон Кірпічева-Кіка або гіпотези об'ємів. Сама залежність має наступний вигляд:

$$A_v = K_v D_0^3 = \frac{\sigma_{ст}^2 V}{2E}, \quad (2)$$

де: K_v – емпіричний коефіцієнт пропорційності, Дж/м³; V – об'єм кубічного куска з ребром D_0 ; $\sigma_{ст}$ – напруження, виникаюче при деформації дробленого тіла (межа міцності матеріалу на стиск), Н/м²; E – модуль Юнга, Н/м².

Грунтуючись на енергетичних затратах процесу дроблення та на фізичних властивостях дробильних порід для відповідних машин можна побудувати залежності для визначення діапазону зміни коефіцієнту пропорційності.

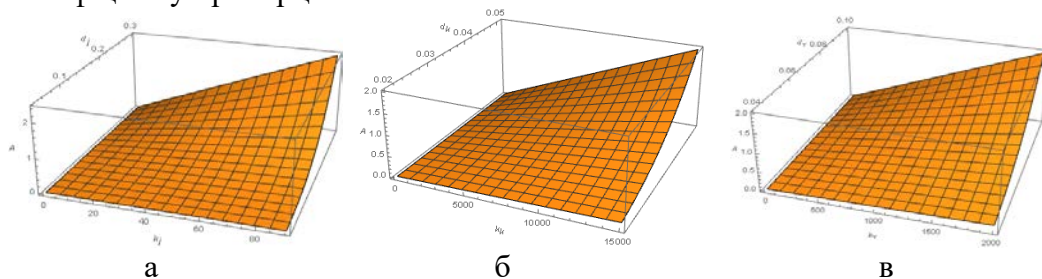


Рис.2. Графіки залежності коефіцієнту пропорційності по теорії Кірпічева-Кіка від затрачуваної енергії:
а – шоккові дробарки із складним рухом шоки; б – конусні дробарки середнього дроблення; в – вібраційні шоккові дробарки

На основі отриманих даних по графікам рис.2 коефіцієнт енергії руйнування граніту складатиме $0,446 \text{ Дж/м}^3$ або в перерахунку на кг $1,16 \text{ кДж/кг}$. Дане значення відповідає дослідженням представленим в джерелах [5], [6], [7]. Проте як ми бачимо переходячи до реальних машин коефіцієнт енергії руйнування має широкий діапазон зміни, рис.2. Це в свою чергу свідчить про те що при руйнуванні матеріалів дробильною машиною велика частина енергії витрачається на процеси, які не враховує коефіцієнт пропорційності Кірпічева-Кіка. На основі цього можна підтвердити раніше встановлену закономірність, що закон Кірпічева-Кіка краще описує процеси, які знаходяться в межах зони крупного дроблення.

Третім фундаментальним законом є закон Бонда, який полягає в наступному – енергія при стисненні тіла розподіляється по його об'єму, а коли на поверхні тіла починають розповсюджуватись тріщини, то енергія концентрується на поверхні тріщини і є пропорційною новоутвореній поверхні [1], [8], [9], [10]. в закордонних джерелах закон Бонда записується в розгорнутому вигляді наступним чином:

$$W_b = 11W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right), \quad (3)$$

де W_i – індекс роботи по Бонду, кВт/(коротку тонну); P_{80} - розмір, при якому проходить 80% продукту (у мікронах); F_{80} - це розмір, при якому проходить 80% живлення (у мікронах).

Індекс роботи Бонда W_i представляє собою роботу необхідну для зменшення матеріалу від нескінченного розміру до 100 мікронів [8]. Після чисельних практичних досліджень виявилось, що закон Бонда не є універсальним і гарно описує процеси руйнування матеріалу між зонами мілкового дроблення і грубого помелу [1].

Велика кількість різних підходів до вирішення задачі про визначення затрат енергії на руйнування матеріалу свідчить про значну складність опису моделі руйнування матеріалу існуючими математичними методами на макрорівні. Підсумовуючи вищезазначене узагальнена теорія для опису процесу руйнування матеріалів дробильними машинами повинна враховувати стохастичну модель опису кінетики процесу руйнування, яка буде враховувати особливості процесу руйнування на мікро та макро рівнях.

Список літератури

1. Blokhin V.S., Bolshakov V.I., Malich N.G. (2006). *Osnovnye parametry tehnologicheskikh mashin. Mashiny dlja dezintegracii tverdyh materialov: posobie. ch.I* (Basic parameters of technological machines. Machines for the disintegration of solid materials: a manual. Part I) - Dnepropetrovsk: IMA press. –p. 404.
2. Mishchuk E.O., Nazarenko I.I. (2019) *Doslidzhennja dinamiki vibracijnoї shhokovoї drobarki dvostoronnoї diї* (Study of the dynamics of a double-acting vibrating jaw crusher). *Mining, construction, road and reclamation machines*. № 94. p. 5–15.
3. M.Vabischevich, O. Dedov, O. Glitin. Experimental determination of the spectrum of structure vibrations under the influence of technological load *Technology audit and production reserves*. 2019, Vol 4/1 (48). P. 39-42.
4. Donovan J. G., (2003) *Fracture toughness based models for the prediction of power consumption, product size, and capacity of jaw crushers*, Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.
5. Tosun A., Konak G., (2014) Development of a model estimating energy consumption values of primary and secondary crushers, *Arabian Journal of Geosciences*, 1-12.
6. Refahi A., Mohadesi J.A., Rezai B., (2009) Comparison between bond crushing energy and fracture energy of rocks in a jaw crusher using numerical simulation, *J. South. Afr. Inst. Min. Metall.*, 109, 709-717.
7. Tomislav Korman, Gordan Bedeković, Trpimir Kujundžić, Dalibor Kuhinek (2015) Impact of physical and mechanical properties of rocks on energy consumption of Jaw Crusher. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. January 2015;51(2):461–475. DOI: 10.5277/ppmp150208
8. Ashok Gupta, Denis Yan (2016) *Mineral Processing Design and Operations An Introduction Second Edition*. Elsevier B.V. p. 856. ISBN: 978-0-444-63589-1.
9. Robert C.Dunne (2019) *Mineral Processing & Extractive Metallurgy Handbook*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration, USA, p. 2258. ISBN 978-0-87335-385-4.
10. Tomislav Korman, Gordan Bedekovic, Trimir Kujundzic, Dalibor Kuhinek (2014) Impact Of Physical And Mechanical Properties Of Rocks On Energy Consumption of Jaw Crusher. *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 51(2), 2015, 461–475. ISSN 1643-1049 (print).

ANALYSIS OF THE ENERGY LAWS OF MATERIAL DESTRUCTION

Yevhen Mishchuk, Ivan Nazarenko

Abstract. *The paper provides an analysis of the latest research in the field of material destruction processes, on the basis of which it was established that modern methods of determining the energy of material destruction differ significantly from each other, are based on different energy hypotheses, both according to accepted assumptions and according to the obtained results. Thus, the lack of a generally accepted model of the grinding process and a single method of determining the energy consumption of the process of destruction of materials by crushing machines is the problem that needs to be solved. For this purpose, an analysis of the main classical laws of destruction of materials in the crushing chamber was carried out. Almost all classical laws are described by the use of proportionality coefficients, which take into account the physical properties of the material, friction costs in the machine nodes, heat losses, the amount of material in the crushing chamber and other parameters that affect the destruction process. This leads to the difficulty of determining the influence of individual parameters on the destruction process, in addition, the coefficients themselves do not have a calculation method and in most cases are determined experimentally. The limits of the change in the proportionality coefficients of the main energy laws were established for the relevant conditions of destruction. The wide limits of the change of the coefficients testify to the significant stochasticity of the process itself, and do not allow a true description of the picture of destruction.*

Keywords: *energy; crusher; mechanical mode parameters; sieve size; modulus of elasticity.*

УДК 624.9

Швидке відновлення пошкоджених та зруйнованих будівель з використанням Prefab технологій

Бутенко В.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *З метою швидкого та ефективного відновлення інфраструктури України, яка була пошкоджена через широкомасштабне російське вторгнення було проведено аналіз використання Prefab технологій, які передбачають виготовлення будівельних елементів або модулів заздалегідь на заводах та їх подальший транспорт на будівельні об'єкти для швидкого монтажу. Ця технологія надає широкий спектр архітектурно-конструктивних рішень, дозволяє значно збільшити швидкість будівництва, знизити витрати та негативний вплив на довкілля. В порівнянні зі звичайними методами будівництва забезпечують скорочення вартості та часу. Більшість будівельних робіт, приблизно 80%, виконується на заводах, що дозволяє виключити проблеми безпеки, пов'язані з роботою на висоті та ускладненими погодними умовами. Збірні будівельні системи мають екологічну перевагу, оскільки генерують менше будівельних відходів, а заводські модулі можуть бути розібрані, перевезені та використані у інших проєктах, зменшуючи відходи та сприяючи сталому розвитку.*

Ключові слова: *Prefab технологія; швидке будівництво; збірні будівельні системи; оптимізація; заводське виготовлення.*

Через широкомасштабне російське вторгнення в Україну мільйони громадян залишились без житла, були зруйновані та пошкоджені громадські, комерційні, промислові будівлі, це обумовлює необхідність в короткі терміни будувати та відновлювати інфраструктуру України. Проєктування на основі Prefab технологій дозволяє отримати широкий спектр архітектурно-конструктивних рішень та подальше будівництво на основі цих рішень, дозволяє вирішити вищезазначені проблеми.

Prefab технологія (скорочено від англ. «prefabrication» – «збірне виготовлення») означає виготовлення будівельних елементів або модулів заздалегідь в контрольованих умовах заводу або фабрики, після чого вони транспортуються на будівельний об'єкт для швидкого збирання та монтажу. Ця технологія дозволяє підвищити швидкість будівництва, зменшити витрати та вплив на навколишнє середовище.

Зменшення витрат і часу є головною проблемою як для споживачів, так і для виробників у будівельній галузі. У порівнянні зі звичайними методами будівництва, prefab технології забезпечують значне скорочення як вартості, так і часу. У системі збірного будівництва фази підготовки місця та виготовлення модулів можуть виконуватися одночасно, тоді як у традиційному будівництві етап зведення відбувається після етапу підготовки місця. Оскільки етап підготовки місця відбувається одночасно з виготовленням модулів, час будівництва скорочується приблизно на 40% у порівнянні з звичайними методами. [2]

Також у звичайному будівництві існує кілька проблем безпеки, включаючи роботу на висоті, нещасні випадки на робочому місці в умовах суворої погоди тощо. Однак ці проблеми були зменшені приблизно на 80%–85% у збірному будівництві, оскільки більшість будівельних робіт, тобто близько 80%, припадає на заводи. [2]

Збірні будівельні системи також забезпечують екологічну вигоду у вигляді меншої кількості будівельних відходів. Це пояснюється тим, що 80% будівельних робіт відбувається на заводі, де відходи можна контролювати/ повторно використовувати/ переробляти. Збірні будівельні модулі можна розібрати, перемістити, модернізувати чи відремонтувати для використання в інших проектах, що зменшує відходи утилізації. [2]

Конструкційні характеристики звичайних конструкцій, таких як сталь, бетон і дерев'яні каркаси, за будь-яких природних (наприклад, навантаження від вітру, землетрусів, лісових пожеж) і антропогенних (наприклад, вибух бомби, зіткнення автомобіля тощо) навантажень оцінювали багато дослідників з усього світу. Однак дані про конструктивні характеристики збірних будівельних конструкцій обмежені, оскільки було опубліковано мало деталей досліджень. Конструктивний підхід повинен забезпечувати стійкість будівельної конструкції під цими природними та техногенними навантаженнями, передаючи такі навантаження на фундамент через його конструктивні елементи, неконструктивні елементи та міжкомпонентні зв'язки. Розподіл і передача навантаження в збірних будівлях можуть бути складними, оскільки в даних технологіях використовуються чимала кількість міжкомпонентних з'єднань між модулями, на які можуть впливати допуски в процедурі встановлення [2]. Це створює потребу в подальших дослідженнях, щоб розширити наше розуміння цих конструкцій і забезпечити їх стійкість під різними навантаженнями.

Важливим для пришвидшення будівництва за prefab технологією є оптимальний рівень попереднього виготовлення конструкцій. З приводу цього науковцями Lu W., Chen K., Xue F., Pan W. було проведено дослідження:

- Перший етап включив огляд літератури, де проводився пошук відповідних статей та документів. Зібрані матеріали були проаналізовані для визначення факторів, що впливають на заводське виробництво. На основі цього визначено тринадцять факторів (див. таб. 1). [1]

Таблиця 1

Фактори, що впливають на впровадження збірних конструкцій

	Категорія	Фактор	Кількість згадувань в проаналізованих працях
Ф а к т о р и P E S T	Політична	Політика	18
		Стандарти, кодекси та керівні принципи	10
	Економічна	Постачання	22
		Графік	15
		Тип і сфера застосування	11
		Повторювані компоненти	10
	Соціальна	Праця	15
		Соціальне ставлення	9
		Прийняття користувача	14
	Технологічна	Ресурси	12
		Обізнаність	15
		Будівельні допуски	7
		Логістика	12

- Другий етап включив розгляд існуючих методів вимірювань рівня виготовлення збірних конструкцій; [1]

- На третьому етапі була розроблена структура для визначення оптимального рівня впровадження заводських робіт. Це було зроблено через зустрічі фокус-груп, які проводилися з представниками організацій, що використовують заводське виробництво, і науковцями. Ці зустрічі надали цінну інформацію для розробки структури. У кінцевому висновку було розроблено структуру, яка базується на трьох етапах: використання методу Delphi для оцінки підтримки або обмежень факторів PEST для кожного рівня прийняття; переоцінка оцінок експертів для досягнення консенсусу; вимірювання загальної придатності рівнів попереднього виготовлення шляхом підсумовування оцінок факторів PEST. [1]

- На четвертому етапі було проведено дослідження. Для збирання даних про PEST-фактори місця проведення дослідження використовувалися офіційна статистика, публікації, звіти та опитування. Деякі фактори були підтверджені шляхом триангуляції офіційних даних з даними, отриманими з опитувань. Отримані дані були проаналізовані групою з 6 експертів за допомогою методу Delphi. Для кожного PEST-фактора було визначено прийнятний рівень на основі голосування більшості експертів. Результати були узагальнені в таблиці 2. Згідно з таблицею 2, рівні 2 і 3 вважаються найбільш оптимальними для впровадження заводських виробів в місці проведення дослідження, враховуючи поточні PEST-умови. [1]

Таблиця 2

Результати дослідження з визначення оптимального рівня впровадження заводських робіт

Категорія	Фактор	Рівень 0	Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3	Рівень 4
Політична	П1	-	+	++	++	++
	П2	++	++	+	+	-
Економічна	E1	-	-	+	+	+
	E2	0	0	+	+	+
	E3	-	+	++	++	++
	E4	-	+	++	++	++
Соціальна	C1	--	-	0	+	-
	C2	+	0	0	0	0
	C3	+	+	+	+	0
Технологічна	T1	+	+	+	+	+
	T2	+	+	+	+	0
	T3	++	++	+	0	0
	T4	++	+	-	-	--
Загальна оцінка		4	9	12	12	5
Примітки: «++» означає сильну підтримку (2 бали); «+» означає помірну підтримку (1 бал); «0» означає нейтральний (0 балів); «-» означає помірне обмеження (-1 бал); а «--» означає сильне обмеження (оцінка -2).						

Це дослідження підкреслює необхідність ретельного аналізу та оптимізації попереднього виготовлення конструкцій для забезпечення швидкого та ефективного будівництва за prefab технологією.

На основі вище проведених досліджень робимо наступні висновки.

Швидке виготовлення та монтаж будівельних елементів забезпечує ефективне використання ресурсів і дозволяє швидко відновити пошкоджені об'єкти та забезпечити житлом, інфраструктурою та іншими необхідними будівлями території, які постраждали від конфлікту.

У світлі широкомасштабного російського вторгнення в Україну, яке призвело до великих руйнувань та втрат для мільйонів людей, необхідно швидко відновлювати та будувати інфраструктуру країни. Використання технології Prefab може бути ефективним рішенням, оскільки воно дозволяє прискорити процес будівництва, знизити витрати і негативний вплив на навколишнє середовище.

Для успішного використання технології Prefab потрібно провести додаткові дослідження щодо забезпечення стійкості будівельних конструкцій під різними навантаженнями. Також важливо оптимізувати рівень попереднього виготовлення конструкцій для ефективного впровадження заводських робіт.

Список літератури

1. Lu W., Chen K., Xue F., Pan W. (2018) Searching for an optimal level of prefabrication in construction: An analytical framework. *Journal of cleaner production*, Vol. 201, 9, p. 236-245
2. Navaratnam S., Ngo T., Gunawardena T., Henderson D. (2019) Performance Review of Prefabricated Building Systems and Future Research in Australia. *Buildings*, 9(2), 38

FAST RECOVERY OF DAMAGED AND DESTROYED BUILDINGS USING PREFAB TECHNOLOGIES

Vladislav Butenko

Abstract. *In order to achieve a fast and efficient recovery of infrastructure in Ukraine, which has been damaged due to a large-scale Russian invasion, an analysis of Prefab technologies has been conducted. These technologies involve the manufacturing of building components or modules in advance at factories and their subsequent transportation to construction sites for rapid assembly. This technology provides a wide range of architectural and structural solutions, significantly increases construction speed, reduces costs, and minimizes negative environmental impact. Compared to conventional construction methods, it ensures cost and time savings. The majority of construction work, approximately 80%, is carried out at factories, eliminating safety issues associated with working at heights and challenging weather conditions. Prefabricated building systems have an ecological advantage as they generate fewer construction waste, and factory-made modules can be disassembled, transported, and used in other projects, reducing waste and promoting sustainable development.*

Keywords: *prefab technology; fast construction; prefabricated building systems; optimization; factory manufacturing.*

УДК 711.61

Ергономіка громадських просторів та формування середовища засобами ландшафтної архітектури

Фоменко М.А., Устінова І.І.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

Анотація. *Людина оточена світом речей та просторів, які вона сприймає в умовах своєї повсякденної життєдіяльності. Порівнюючи зі своїм смаком, звичками та запитами, людина оцінює навколишній світ. Тому непродумане рішення ландшафтного архітектора може несприятливо позначитися психо-фізичному стані людині. Передусім, це стосується ергономічних вимог, що забезпечують відповідність середовища можливостям людини та зумовлюють оптимізацію всього фізичного та психічного навантаження, а також витрат часу, пов'язаних з отриманням корисного ефекту. В основі ергономічного підходу, який є вкрай важливим при архітектурно-ландшафтному впорядкуванні середовища громадських просторів, є всебічний облік людських факторів. При цьому проектування та формування простору перебування людини в місті має відбуватися з орієнтацією на основні ергономічні критерії якості середовища: зручність, надійність, психологічний комфорт, міцність, доцільність, безпека.*

Ключові слова: *ергономіка; громадські простори; людино-орієнтоване середовище; ландшафтна архітектура; психо-фізичний стан людини.*

В архітектурному формоутворенні важливо враховувати, не лише призначення об'єкта проектування чи простору, але й характер його експлуатації. На відміну від ергономіки технічного дизайну, де вивчаються людина та її діяльність в умовах виробництва та аналізується система

«людина-машина», в архітектурній площині об'єктом вивчення стає система «виріб-людина-середовище». Саме середовище – це той, предметний світ, який постійно оточує людину і поза яким не може бути її існування [1].

Предметний світ архітектурно-ландшафтного простору неможливо проектувати у відриві від споживача, – людини, якій він має відповідати. Люди і навколишнє середовище мають розглядатися неподільно пов'язаним один із одним, оскільки в людині проявляється як певна «предметність» – навички, звички, стереотипи діяльності в певному середовищі, так й в предметах середовища виявляється їх певна «олюдненість» – набір властивостей, якими ми їх наділяємо, залучаючи до життєдіяльності людини й спільноти.

Відомо, що ергономіка – це комплексна наука, що поєднує у собі кілька компонентів, які можуть розглядатись і як окремі наукові дисципліни.

Серед цих компонентів можна виділити:

- психологію, яка поєднує у собі психологію діяльності, що вивчає умови роботи у різних ситуаціях (виробництво, побут); та психологію сприйняття середовища, що вивчає процес впливу середовища на органи чуття людини;

- антропометрію – систему вимірювань людського тіла у різних положеннях, моторику рухів людини, точність, напрямки;

- гігієну та санітарію умов проживання людини, які враховують необхідність забезпечення нешкідливих умов існування людини, захист її від шуму, бруду, пилу, токсичності матеріалів та інших несприятливих факторів довкілля.

До зазначених компонентів дослідження пропонує додати ще врахування:

- психофізіологічних показників, які зумовлюють відповідність ландшафтного простору зоровому, тактильному, слуховому потенціалу людини та показують можливості візуального комфорту та орієнтування в штучно створеному ландшафтному середовищі;

- фізіологічних факторів та умов, що показують відповідність ландшафтного простору фізичним можливостям людини, зокрема, силовим, швидкісним, біомеханічним та енергетичним [2].

У середовищі перебування людини, інформація часто представляється у вигляді певних кодів – символів, знаків чи сигналів. Тому існують певні вимоги до кодування інформації різними символами, знаками, літерами, цифрами, кольором, формами та ін. Щодо ергономічних вимог до літерно-цифрового кодування та кодування кольором, які стосуються, у тому числі й організації громадських просторів, це передусім:

- короткі написи, які пропонується виконувати великими літерами, використовуючи просте накреслення;

- розміщення написів поряд із зображеннями, до яких вони належать, дотримуючись принципу єдності;

- переважно горизонтальна орієнтація написів;

- скорочення слів не повинні викликати негативних асоціацій;

- для колірної кодування рекомендується використовувати фіолетовий, синій, блакитний, зелений, жовтий та червоний кольори, оскільки ці кольори найбільш точно розпізнаються людиною;

- для кольорового оформлення є приписи: забороняючі знаки безпеки оформляються червоним кольором, попереджувальні знаки безпеки – з жовтим фоном, що наказують знаки безпеки – в зеленій рамці, знаки безпеки – червоним кольором [3].

Щодо антропометричних вимог ергономіки, які включають розміри та пропорції людського тіла. У практиці існує 28 антропометричних показників тулуба, 6 – кисті руки та 10 – голови, ступня, яка становить чотири долоні. Вони враховуються при проектуванні елементів та обладнання, зокрема, лав, поручнів, сходів й, безумовно, є визначальними у ландшафтній архітектурі. Нормативні вимоги з проектування елементів благоустрою паркових територій із урахуванням антропометрії, які є визначальними й при організації громадських просторів, наведено у таблиці 1 [1,3].

Таблиця 1

Норми та правила до проектування елементів благоустрою паркових територій

Елемент	Норми та правила
Сходи	Висота щаблів не більше 120 мм, ширина – не менше 400 мм і ухил 10-20 % у бік вищого ступеня. Після кожних 10-12% ступенів встановлюється майданчик довжиною не менше 1,5 м. При проектуванні сходів в умовах реконструкції територій населеного пункту, що склалися, висота ступенів може бути збільшена до 150 мм, а ширина ступенів і довжина майданчика – зменшена до 300 мм і 1,0 м відповідно.
Лава	Висоту лави для відпочинку дорослої людини від рівня покриття до площини сидіння рекомендується приймати в межах 420-480 мм.
Ліхтарі	Розташовуються на опорах (вінчаючих, консольних), підвісах або фасадах (бра, плафони) на висоті від 3 до 15 м. Їх рекомендується застосовувати у транспортних та пішохідних зонах. У високощоголових установках освітлювальні прилади (прожектори або світильники) розміщуються на опорах на висоті 20 і більше метрів. Ці установки використовуються для освітлення великих просторів, транспортних розв'язок та магістралей, відкритих паркінгів.
Дитячі майданчики	Для дітей переддошкільного віку – 50-75 кв.м, розміщення окремо чи суміщення з майданчиками для тихого відпочинку дорослих – у цьому випадку загальну площу майданчика проектують площею не менше 80 кв.м. Для дітей дошкільного віку – 70-150 кв.м., шкільного віку – 100-300 кв.м., комплексних ігрових майданчиків – 900-1600 кв.м. При цьому можливе поєднання майданчиків для дітей дошкільного віку із майданчиками для відпочинку дорослих (розмір майданчика – не менше 150 кв.м).
Майданчики відпочинку	Оптимальний розмір майданчика 50-100 кв.м., мінімальний розмір майданчика відпочинку - не менше 15-20 кв.м. Допускається поєднання майданчиків тихого відпочинку із дитячими майданчиками.
Спортивні майданчики	Для дітей дошкільного віку (на 75 дітей) рекомендується встановлювати спортивний майданчик площею щонайменше 150 кв. м, для дітей шкільного віку (100 дітей) – не менше ніж 250 кв.м.
Основні пішохідні дороги	Ширина розраховується в залежності від інтенсивності пішохідного руху в годинник «пік» та пропускної спроможності однієї смуги руху – ширина не менше 0,75 м. На ділянках передбачуваного зустрічного руху інвалідів на кріслах-візках не рекомендується встановлювати пішохідні доріжки шириною менше 1,8 м.

З означеного випливає, що ергономічні вимоги стають також й посібником до архітектурно-ландшафтного проектування й діяльності ландшафтного архітектора. Сам же процес архітектурно-ландшафтного проектування та споживання ландшафтного середовища супроводжується ергономічною оцінкою, що будується на глибокому аналізі існуючих умов та матеріалів. А результатом цієї оцінки, у свій час, стають рекомендації щодо покращення властивостей обладнання та інших елементів ландшафтного середовища громадських просторів міст.

Список літератури

1. Основи і методи архітектурного проектування С.О. Шубович, Л.П. Панова, Г.В. Гамалей та інш.; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 113 с.
2. Основи ландшафтно-архітектури та дизайну : підручник / Н. Я. Крижановська, М. А. Вотінов, О. В. Смірнова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2019. – 348 с
3. Шкляр С. П. Ергономіка в архітектурі ,Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків :, 2019. – 55 с.
4. Благоустрій територій ДБН Б.2.2-5:2011, Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій

ERGONOMICS OF PUBLIC SPACES AND ENVIRONMENT FORMATION BY MEANS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE

Fomenko Mariya, Ustinova Iryna

Abstract. A man is surrounded by the world of things and spaces that she perceives in the conditions of the everyday vital functions. Comparing to the taste, habits and queries, a man estimates the surrounding world. Therefore the hasty decision of landscape architect can be unfavorably designated the психо-фізичному state to the man. Foremost, it touches ergonomics requirements that provide accordance of environment to possibilities of man and predetermine optimization of all physical and psychical activity, and also charges of time, related to the receipt of useful effect. In basis of ergonomics approach that is extremely important at architectonically-landscape organization of environment of public spaces, there is an all-round account of human factors. Thus planning and forming of space of stay of man in city must take place with an orientation on the basic ergonomics criteria of quality of environment : comfort, reliability, psychological comfort, durability, expediency, safety.

Keywords: ergonomics; public spaces; human-oriented environment; landscape architecture; psycho-physical condition of a person.

УДК 621.878.23-182.38

Інформаційна модель розрахунку взаємодії просторово орієнтованого ножа з робочим середовищем

Федишин Б.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. З метою зменшення енергоємності копання ґрунтів був проведений аналіз взаємодії просторово орієнтованого ножа з ґрунтом. В роботі розглянута робоча гіпотеза з використанням автоколивального гідравлічного вібратора. Знайдено що при динамічній роботі буде з'являтися сумарний вектор який показує напрямок дії сумарної сили різання. Визначено кут α який впливає на кути повороту в плані та на ширину різання. Визначено зміну кутів повороту в плані. Визначено зміну ширини різання. Визначено силу різання, нормальну силу та ортогональну силу.

Ключові слова: вектор; просторово орієнтований; сила різання; ніж; гідравлічний вібратор.

Більшість розрахунків ножів та зубів землерийної техніки основані на тому що його параметри не змінюються при взаємодії робочого органу з ґрунтом.

Особливість процесу копання полягає в тому, що його силові й енергетичні показники залежать від кінематичних умов, та від геометричних параметрів – товщини, ширини і площі зрізу, а також від кутів орієнтації робочого органу в просторі [1].

Сили різання ґрунту просторово орієнтованим ножем (рис. 1).

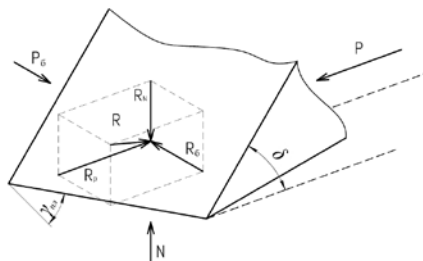


Рис.1. Сили різання P – загальна сила різання; N – нормальна сила різання; P_0 – ортогональна сила різання

Зміни параметрів при різновекторній дії частин робочого органу малодосліджені. Тому, особливо актуальним являється питання, створення методики визначення параметрів просторово орієнтованого ножа динамічної дії.

Робоча гіпотеза базується на тому що рух просторово орієнтованого ножа, буде здійснюватися поздовжньо – поступальним рухом, перпендикулярно до траєкторії руху робочого органа. Що схематично зображено на (рис. 2).

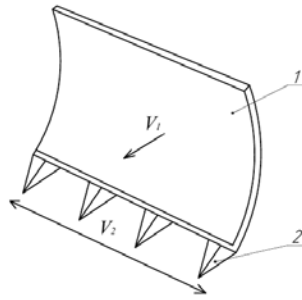


Рис.2. V_1 – вектор подачі відвалу; V_2 – вектор поздовжньо-паралельного руху ножа
1 - Відвал; 2 - Просторово орієнтовані ножі

Динамічний рух ножа буде виконуватись за допомогою автоколивального гідравлічного вібратора[4] (рис. 3).

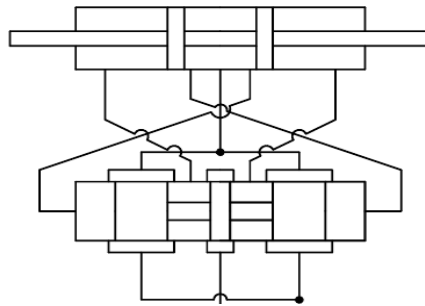


Рис.3. Автоколивальний гідравлічний вібратор

Розробка такого рішення втілювалась на кафедрі будівельних машин КНУБА, передумовами слугували напрацювання колективу, зокрема проф. Смірнова В.М. [3] у відношенні конструктиву робочого органа та проф. Баладінського В.М. [2] у відношенні закономірностей створення динамічних рухів різальних елементів землерийних машин. А також, по працям д.т.н Хмара Л.А. у відношенні інтенсифікації механізації земляних робіт в будівництві [5].

На нашу думку, дане переміщення робочого органа і просторово орієнтованого ножа динамічної дії повинно створювати дві сили різання, які паралельні до траєкторій руху. При розробці ґрунтів, дані сили будуть об'єднуватись в сумарну силу різання, (рис. 4). Тому від геометричних параметрів як кут повороту в плані ,не більше 30-45°, просторово орієнтованим ножем динамічної дії.

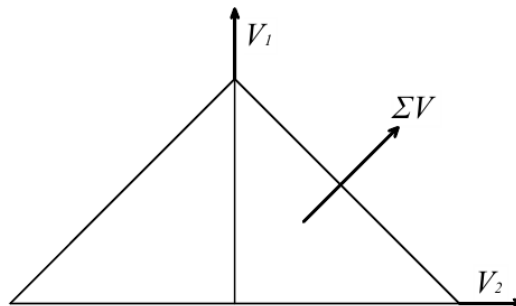


Рис.4. Вектор ΣV

В залежності від швидкості переміщення ножа та робочої швидкості машини аналога, змінюється напрямок прикладання сили та змінюється кут взаємодії просторово орієнтованого ножа з ґрунтом. При подачі відвалу в просторово орієнтованого ножа з'являється вектор V_1 в залежності від відношення він має свої координати на осі Y , при переміщенню ножа з'являється вектор V_2 який в свою чергу має свої координати на осі X .

Щоб визначити вектор переміщення проводимо сумування векторів за правилом паралелограму так як вектори мають спільний початок. Довжина вектору ΣV буде показувати з якою швидкістю переміщується ніж, а кут α між ΣV та вектором переміщення ножа V_1 буде вказувати на зміну взаємодії просторово орієнтованого ножа з ґрунтом, так як просторово орієнтований ніж має кут повороту в плані але його складне переміщення буде впливати на цей кут в залежності від співвідношення швидкостей (рис. 5).

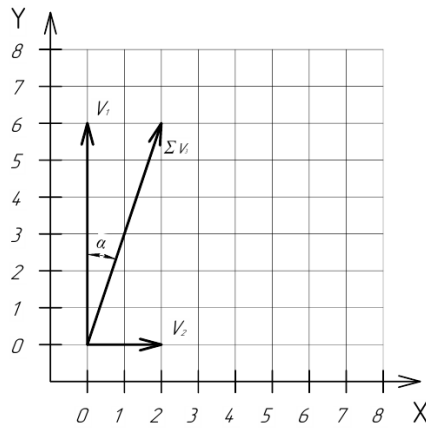


Рис.5. Сума векторів в залежності від співвідношення швидкостей

Кут α між векторами визначаємо за наступною формулою:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{\Sigma V_x V_x + \Sigma V_y V_y}{\sqrt{\Sigma V_x^2 + \Sigma V_y^2} \cdot \sqrt{V_x^2 + V_y^2}} \right) \quad (1)$$

Прикладаємо визначений ΣV до двогранного ножа з зміщенням на кут α (рис. 6). В залежності від цього вектора взаємодія ножа з ґрунтом зміниться і зміняться його параметри.

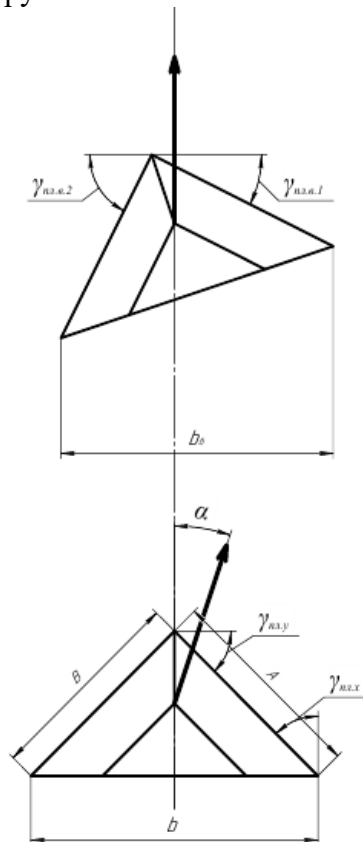


Рис.6. Просторово орієнтований ніж з кутом α

Визначаємо зміну кутів повороту в плані будуть:

$$\gamma_{пл.в.1} = \gamma_{пл.у} - \alpha \quad (2)$$

$$\gamma_{\text{пл.в.2}} = \gamma_{\text{пл.у}} + \alpha \quad (3)$$

Зміна ширини прорізі відповідно кутів повороту в плані:

$$b_I = A \cdot \cos(\gamma_{\text{пл.в.1}}) \quad (4)$$

$$b_{II} = B \cdot \cos(\gamma_{\text{пл.в.2}}) \quad (5)$$

$$b_{\text{в}} = b_I + b_{II} \quad (6)$$

Сила P косокутного різання ґрунтів визначається як сума трьох складових $P_{\text{в}}$ – сили подолання опорів ґрунту передньою гранню ножа, $P_{\text{бок}}$ – сили для подолання опорів ґрунту руйнуванню в бокових розширеннях прорізі й $P_{\text{бок.зр}}$ – сили подолання опорів ґрунту зрізу боковими ребрами ножа [6].

Відмінність $P_{\text{в}}$ при прямокутному різанні і $P_{\text{в}}$ при косокутному пропонується враховувати коефіцієнтом $\varphi_{\text{в}}$, що залежить від відношення h/b й кута $\gamma_{\text{пл}}$ повороту ножа в плані

$$P = \varphi(\delta)\varphi_{\text{в}}m_{\text{в}}bh + \varphi_{\text{бок}}m_{\text{бок}}h^2 + \varphi_{\text{бок.зр}}m_{\text{бок.зр}}h \quad (7)$$

$\varphi(\delta)$ – коефіцієнт що враховує вплив кута різання δ (при $\delta = 45^\circ$, $\varphi = 1$)

$\varphi_{\text{в}}$ – коефіцієнт що враховує вплив кута $\gamma_{\text{пл}}$ повороту ножа в плані відповідно сили $P_{\text{в}}$.

$\varphi_{\text{бок}}$ – коефіцієнт що враховує вплив кута $\gamma_{\text{пл}}$ повороту ножа в плані відповідно сили $P_{\text{бок}}$.

$\varphi_{\text{бок.зр}}$ – коефіцієнт що враховує вплив кута $\gamma_{\text{пл}}$ повороту ножа в плані відповідно сили $P_{\text{бок.зр}}$.

Де b , h – ширина ножа й глибина (товщина) різання.

$m_{\text{в}}$ – коефіцієнт міцності що характеризує питомі опори, в лобовій частині прорізі (МПа).

$m_{\text{бок}}$ – коефіцієнт міцності що характеризує питомі опори в бокових розширеннях (МПа).

$m_{\text{бок.зр}}$ – коефіцієнт міцності що характеризує питомі опори по лініях бокового зрізу (кН/м).

Нормальна сила різання:

$$N = P \left(\frac{\cos\gamma_{\text{пл}} - tg\mu \sin\delta \sqrt{\cos^2\gamma_{\text{пл}} + tg^2\delta}}{tg\delta \cos\gamma_{\text{пл}} + tg\mu \cos\delta \sqrt{\cos^2\gamma_{\text{пл}} + tg^2\delta}} \right) \quad (8)$$

Бічна сила різання:

$$P_{\text{б}} = P \left(\frac{tg\delta \sin\gamma_{\text{пл}}}{tg\delta \cos\gamma_{\text{пл}} + tg\mu \cos\delta \sqrt{\cos^2\gamma_{\text{пл}} + tg^2\delta}} \right) \quad (9)$$

Список літератури

1. Vetrov Yu.A. Rezanye hruntov zemleroinymy mashynamy. – М.: Mashynostroenye, 1971 – 357 s. [in russian]
2. Baladins`kyi V. L. Budivel`na tehnika: navchal`nyi posibnyk. Kyiv: Lybid`, 2001. 368 c. [in Ukrainian]
3. Smirnov V. M. Osnovy teorii rizannia ґruntiv prostorovo orietovanymy nozhamy zemleryinyh mashyn / K.: "MP Lesya", 2009 - 260 p. [in Ukrainian]
4. Pat. Ukraine № 53190, class. E02F 3/04. V. L. Baladinsky, E. L. Pelevin, V. P. Rashkivsky, V. M. Smirnov, R. M. Solonko. Published 15.01.03 Bull. № 1. [in Ukrainian]
5. Khmara L.A., Balonev V.Y. Povysheniie proizvoditelnosti mashyn dlia zemlianykh robot. – К.: Budivelnyk, 1988. – 152 s. [in Ukrainian]
6. Vetrov Yu.A., Vlasov V.V. Mashyny dlia zemlianyh robit: navchal`nyi posibnyk. Kyiv: Vipol, 1995. 304 c.

INFORMATION MODEL FOR CALCULATING THE INTERACTION OF A SPATIALLY ORIENTED KNIFE WITH THE WORKING ENVIRONMENT

Volodymyr Rashkivskiy, Bohdan Fedyshyn

Abstract. In order to reduce the energy consumption of soil digging, an analysis of the interaction of a spatially oriented knife with the soil was carried out. The work considers a working hypothesis using a self-oscillating hydraulic vibrator. It was found that during dynamic work, a total vector will appear showing the direction of action of the total cutting force. The angle α is determined, which affects the turning angles in the plan and the cutting width. The change of angles of rotation in the plan is determined. The change in the cutting width is determined. The cutting force, normal force and orthogonal force are determined.

Keywords: vector; spatially oriented; cutting force; than; hydraulic vibrator.

УДК 661.21

Застосування ультразвукових технологій при виробництві екологічних сіркополімерних матеріалів нового покоління

Андросюк Ю.Є.

Голова ради директорів «West-East Group», Київ, Україна

***Анотація.** У роботі визначено необхідність застосування інноваційних технологій виробництва нових будівельних матеріалів на основі сіркополімерів із метою утилізації сірковмісних відходів, забезпечення функціонування ефективного ринку вторинної сировини та відновлення інфраструктури України й прискорення стійкого економічного зростання у нинішніх умовах та в повоєнний час. Відзначено, що це є одним із головних сучасних пріоритетів національної економіки та повною мірою узгоджується з Європейським зеленим курсом (European Green Deal – EGD). Проведено порівняльний аналіз технологій виготовлення сіркобетону та сіркоасфальтобетону. Визначені переваги сіркополімерних матеріалів (сіркобетонів та сіркоасфальтобетонів) порівняно з традиційними будівельними матеріалами. Наведені конструктивні особливості розробленої установки для приготування сірчано-бітумного в'язучого на основі застосування ультразвуку при змішуванні компонентів в'язучого на виході реактора.*

***Ключові слова:** сіркополімерні технології; ультразвуковий кавітатор; сірчано-бітумне в'язуче; сіркобетон; сіркоасфальтобетон.*

Використання сіркополімерів є зростаючим світовим трендом протягом останніх 50 років, а особливо різке зростання – протягом останніх 10 років. Враховуючи, що сіркополімери є в рази безпечнішою альтернативою бітумним асфальтам, у світі реалізуються мільярдні інфраструктурні проекти з будівництва та розвитку транспортної інфраструктури саме з використанням цих матеріалів. Успішне впровадження сіркоасфальтобетонів та сіркобетонів здійснюється у Канаді з кінця 1960-х років, у США з 1980-х років (технології SEAM, Thiorave). У 2000-х рр. технологія SEAM активно запроваджується в Китаї, Саудівській Аравії, Єгипті, Норвегії, Польщі та інших країнах. В Євросоюзі з 2001-го року активно застосовуються сіркополімерні технології компанією MARBET WIL (Польща) – технологія SULSTAR (табл.).

Особливо актуальним і важливим є застосування інноваційних сіркополімерних матеріалів у контексті Європейського зеленого курсу (European Green Deal – EGD) [4] й особливо «Плану Відновлення України» [5], спрямованого на відновлення інфраструктури України та прискорення стійкого економічного зростання у нинішніх умовах та в повоєнний час, у якому визначено перелік Національних програм для досягнення ключових результатів за такими напрямками: поліпшення бізнес-середовища, відбудова чистого та захищеного середовища, відновлення та модернізація житла та інфраструктури регіонів, розвиток секторів економіки з доданою вартістю та інші.

Надзвичайно ефективним використанням сіркополімерів (у разі ефективнішим ніж цементобетонів) є [1, 2]:

- при будівництві об'єктів та їх частин нижче рівня поверхні землі (фундаментів, каналізаційних мереж, підземних споруд, бункерів та сховищ, комунікаційних каналів);
- при будівництві, де необхідна стійкість до агресивних середовищ (морська вода, паливно-мастильні матеріали тощо) – порти, очисні споруди, аеропорти, дороги;
- при реалізації складних інженерних проектів – протиселеві укріплення, дамби, укріплення берегів, ліквідація наслідків повеней (відновлення інфраструктури);
- у фортифікаційному будівництві.

Сіркополімери мають надзвичайно високу стійкість до агресивних середовищ, значно нижчі викиди парникових газів, підлягають 100% повторній переробці без втрати якісних характеристик. Іншими перевагами є більш висока міцність при стисканні (що дає можливість зменшити товщини відповідних шарів дорожнього покриття); приготування сумішей на основі сіркобітумного в'язучого при більш низьких температурах нагріву компонентів; більш висока стійкість сіркобітумних матеріалів до динамічних навантажень; більш висока теплостійкість без значного збільшення жорсткості при низьких температурах; більш висока стійкість до впливу бензину,

дизельного палива та інших органічних розчинників, що дає змогу використовувати їх при влаштуванні покриттів на стоянках автомобілів, станціях технічного обслуговування [1, 2].

Таблиця 1

Порівняльні характеристики технологій виготовлення сіркобетону та сіркоасфальтобетону

Компанія, країна походження	Анотація використаної технології
Royal Dutch Shell – Голандія-Британія	– Royal Dutch Shell, Інститут сірки (TSI), Національний центр технології асфальту (NCAT) – застосування різних хімічних модифікаторів для стабілізації полімерів. Джерело: www.shell.com
The sulphur institute (Washington USA / США, Канада)	– Thiopave (Sulphur Enhancement for Asphalt Mixtures) виготовлення сіркоасфальту з додаванням до в'язучої речовини модифікованої сірки від 10 % загальної маси в'язучої речовини до 70 %.
National Center for Asphalt Technology (USA/США, Канада)	– подальший розвиток технології SEAM виготовлення сіркоасфальту. Технологія полягає у виготовленні гранул в'язучої речовини (модифікованої сірки та бітуму). Джерело: http://eng.auburn.edu , https://www.sulphurinstitute.org/
The sulphur institute (Washington USA / США, Канада)	– RAP Mix – технологія знімання старого шару асфальту або сіркоасфальту та використання в якості заповнювача (до 50% від усієї маси наповнювача) вже в новому шару сіркоасфальтобетону. Дана технологія дає змогу переробляти 100% старого матеріалу в новий, безпосередньо на місці робіт. Джерело: https://www.eng.auburn.edu/research/centers/ncat/search/
Marbet Wil (Польща)	– MARBET WIL Sp. z o. o. є єдиною в світі компанією, яка має технологію перетворення твердої або рідкої сірки в зв'язуючу сірку SULSTAR. SULSTAR може бути сполучною речовиною в сірчаных бетонах, домішкою, яка замінює частину асфальту та речовини, що формує захисне покриття на бетонних поверхнях. Технологія була заснована в 2001 р. Джерело: http://www.marbetwil.pl
Газпром сірка (Росія)	– Газпром сірка – компанія виготовляє сіркоасфальт та сіркобетон. При виготовленні сіркоасфальту замінюється до 50% бітуму модифікованою сіркою. При цьому вартість дорожнього покриття збільшується на 20-30% від класичного асфальтобетону, але додавання модифікованої сірки покращує фізичні властивості матеріалу. Джерело: http://www.gazpromsera.ru
West-East Group (Україна)	У світі існує 4 основні технології модифікування сірчаного в'язучого – Thiopave, SEAM, Marbet, Газпром сірка. – Технологія від компанії West-East Group (Україна) найкраща за співвідношенням «ціна-якість» за рахунок заміщення дорогого бітуму на модифіковану сірку. Джерело: west-east.com.ua

Основним технологічним процесом запропонованої технології (від West-East Group) є отримання сірчано-бітумного в'язучого, на базі якого в подальшому можна виготовляти сіркобетонні вироби та сірко-асфальтобетон для будівництва доріг. Технологія отримання в'язучого на основі сірки базується на модифікації розплаву сірки, яка полягає в тому, що на молекулярному рівні розриваються октагональні ланцюжки. У результаті цього такий розплав отримує можливість з'єднуватися з молекулами бітуму у формі полімеру. Модифікувати розплав сірки можна різними способами, наприклад, застосовуючи SBS полімери, спеціальні розчинники тощо. З цією метою була запропонована концепція застосування ультразвуку для такої модифікації сірки, що має низку переваг, а саме здешевлення кінцевого продукту та можливість проведення технологічного процесу в безперервному режимі. Для підтвердження життєздатності запропонованої концепції було проведено низку дослідів, на основі яких відпрацьовані режими реалізації технологічного процесу та розроблені рецептури в'язучого. У 2021 році була сконструйована й виготовлена лабораторна установка для отримання сірчано-бітумного в'язучого, що дало змогу довести запропоновану технологію до рівня TRL 4.0 та отримати патенти України на спосіб та низку установок і вузлів, що реалізують запропоновану технологію безперервного виробництва в'язучого з використанням ультразвуку («Установка для приготування в'язучого» КМ № 132824; «Ультразвуковий змішувальний комплекс «Нано-лайн» КМ № 133462; «Спиральний транспортер-змішувач» КМ № 138565; «Пристрій ультразвукової активації суміші» КМ № 144570; «Установка для приготування в'язучого» КМ № 146557). Крім того, в 2022 р. була опублікована міжнародна РСТ заявка (РСТ

application WO 2022139779 «Method and installation for obtaining sulfur polymer "Nano-binder"»), яка дає можливість в цьому році перейти в національну фазу патентування в США та ЄС.

Конструктивно установка для приготування сірчаного в'язучого складається з герметичного теплоізольованого боксу, вузлів плавлення сірки та бітуму, дозаторів та шнекового реактора-змішувача, на вході якого встановлений ультразвуковий кавітатор для модифікації розплаву сірки. Підігрів внутрішнього простору боксу відбувається шляхом циркуляції повітря з температурою до 130°C. Ще однією відмінністю пропонованої технології є застосування ультразвуку для змішування компонентів в'язучого на виході реактора. Для цього було розроблено та окремо запатентовано вузол ультразвукової кавітації («Ультразвуковий кавітатор» КМ № 146596).

Випробування лабораторної установки показало ефективність вибраного напрямку та стійку повторювальність характеристик кінцевого продукту та виробів на його основі.

Список літератури

1. Андросюк Ю. Є., Балан В. Г. Нечітка модель управління взаємодією зі стейкхолдерами в проєкті впровадження сіркополімерів у ключові галузі економіки. *Інвестиції: практика та досвід*, 2022. № 3. С. 30–40. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2022.3.30>
2. Андросюк Ю. Є. Етапи реалізації проєкту впровадження екологічних полімерних матеріалів нового покоління – сіркополімерів у ключові галузі економіки України. Пріоритети фінансово-економічного управління : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 15 січня 2021 р). Одеса : Східноєвропейський центр наукових досліджень, 2021. С. 85–89.
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
4. Європейський зелений курс. Режим доступу: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-uevropejska-zelena-ugoda>
5. План Відновлення України. Режим доступу: <https://recovery.gov.ua/>

THE USE OF ULTRASONIC TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF ECOLOGICAL SULFUR POLYMER MATERIALS OF A NEW GENERATION

Iurii Androsiuk

Abstract. *The work identifies the need to apply innovative technologies for the production of new construction materials based on sulfur polymers in order to dispose of sulfur-containing waste, ensure the functioning of an efficient market for secondary raw materials and restore the infrastructure of Ukraine and accelerate sustainable economic growth in the current conditions and in the post-war era. It is noted that this is one of the main modern priorities of the national economy and is fully consistent with the European Green Deal (EGD). A comparative analysis of sulfur concrete and sulfur asphalt concrete production technologies was conducted. The advantages of sulfur polymer materials (sulfur concrete and sulfur asphalt concrete) compared to traditional building materials are determined. The design features of the developed installation for the preparation of sulfur-bituminous binder based on the use of ultrasound during mixing of the binder components at the reactor outlet are given.*

Keywords: *sulfur polymer technologies; ultrasonic cavitator; sulfur-bituminous binder; sulfur concrete; sulfur asphalt concrete.*

УДК 665

Експериментальне визначення зчеплюваності бітуму зі щебенем

Мошківський Р.В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** За результатами досліджень встановлено, що додаткове прогрівання заповнювачів, оброблених бітумним в'язучим, за удосконаленого методу випробування призводить до зростання показника зчеплюваності та, відповідно, до зростання ефективності добавок на основі поверхнево-активних речовин. Імовірно це обумовлено адсорбцією бітуму щебенем в результаті збільшення тривалості взаємодії бітуму зі щебенем за високої температури.*

Можна припустити, що існуючий метод більш доцільно використовувати для оцінювання зчеплення бітуму зі щебенем для технологій влаштування поверхневої обробки, а удосконалений метод доцільно впроваджувати для прогнозування зчеплюваності бітуму зі щебенем для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Ключові слова: адсорбція; бітум; добавки на основі поверхнево-активних речовин; зчеплюваність; технологічне старіння.

Найбільш чисельною групою методів визначення зчеплюваності бітумів з поверхнею мінерального матеріалу є методи, засновані на оцінюванні відшаровуючої дії води [1].

Ці методи були першими, які знайшли широке застосування в виробничих лабораторіях. Починаючи з 30-х років минулого століття в різних країнах світу було розроблено декілька подібних методів, які відрізнялись лише використанням зерен кам'яних матеріалів різного розміру, температурою води, в якій витримуються матеріали, часом їх витримування та наявністю чи відсутністю механічного впливу [1].

В Україні найбільш розповсюдженим методом визначення зчеплюваності бітуму з мінеральним матеріалом можна вважати метод, встановлений в [2]. Аналіз процедури проведення випробування показав, що відповідно до даного методу бітум контактує з щебенем за високих температур впродовж короткого періоду часу, що не характеризує час взаємодії бітуму з мінеральним матеріалом під час виробництва асфальтобетонних сумішей та не забезпечує адсорбцію бітуму в пори мінерального матеріалу, що може суттєво вплинути на результати визначення зчеплюваності.

Мета роботи

Метою даної роботи було удосконалення методу визначення зчеплюваності бітумів зі щебенем встановленням додаткової процедури прогрівання обробленого щебеню для відтворення умов контакту бітуму з мінеральним матеріалом, які характерні під час зберігання та транспортування асфальтобетонних сумішей.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для проведення випробування використовували кварцитовий щебінь у зв'язку з його винятковою мономінеральністю (вміст SiO_2 близько 98 %) та бітум марки БНД 70/100.

Із проби щебеню однієї фракції в кількості (500 ± 5) г відбирали шість зерен розміром від 10 мм до 40 мм, відмивали від бруду і пилу та висушували у сушильній шафі за температури від 105°C до 110°C до постійної маси.

Відповідно до стандартизованої процедури виконували наступне:

- кожне зерно щебеню обв'язували ниткою або тонким дротом та прогрівали у сушильній шафі впродовж (60 ± 2) хв за температури $(150 - 155)^\circ\text{C}$, почергово занурювали у нагріте в'язуче на (15 ± 1) с, після чого виймали і підвішували їх на штативі для стікання зайвого бітумного в'язучого за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ впродовж від 60 хв до 120 хв;

- стакан водяної бані заповнювали на $2/3$ об'єму водою, встановлювали на електроплитці та доводили воду до температури $(95 \pm 1)^\circ\text{C}$;

- кожне зерно щебеню знімали зі штативу і почергово занурювали у водяну баню;

- витримували зерна щебеню у воді впродовж (30 ± 1) хв;
- бітумне в'язуче, яке відділилося від поверхні зерен щебеню та сплило на поверхню води, видаляли фільтрувальним папером;
- кожне зерно щебеню виймали із водяної бані та занурювали у холодну воду на $(2,0 \pm 0,5)$ хв для охолодження і закріплення плівки в'язучого, що залишилось на поверхні щебеню;
- охолоджений щебінь виймали з води та поміщали на фільтрувальний папір;
- поверхню зерен щебеню оглядали та оцінювали якість зчеплюваності бітумного в'язучого з зернами щебеню;
- за результат випробування приймали середнє значення балів, округлене до кратного 0,5.

Удосконалений метод практично повторював стандартизований метод, однак після занурення заповнювача в бітумне в'язуче, його підвішували на штативі, розміщеному в сушильній шафі з температурою $(150 - 155)$ °С та витримували впродовж близько 2,0 год. Такий підхід дозволяв оцінити фактичну взаємодію бітумного в'язучого з заповнювачем, що відбувається в процесі виробництва асфальтобетонних сумішей, їх транспортування до місця укладання та, фактично, під час влаштування шару дорожнього одягу, оскільки за даний час повинні пройти всі процеси фізичної та хімічної адсорбції.

Додатково з метою оцінювання зчеплюваності бітумів, модифікованих добавками на основі поверхнево-активних речовин, зі щебенем також було проведено відповідні випробування з різним вмістом даних добавок. Оскільки ефективність даних добавок може знижуватися під впливом технологічних температур, то додатково виконували технологічне старіння бітумів за методом RTFOT.

Для отримання бітуму з добавкою на основі поверхнево-активних речовин (ПАР), зразок вихідного бітуму нагрівали до температури від 140 °С до 155 °С та поступово додавали до нього добавку на основі ПАР. Після чого виконували перемішування бітуму з добавкою за температури від 140 °С до 155 °С впродовж 30 хв. Результати випробування зчеплюваності бітуму зі щебенем представлені в роботі І. Копинця ДерждорНДІ.

За результатами дослідження встановлено, що метод випробування впливає на значення показника зчеплюваності бітуму зі щебенем. У випадку вихідного бітуму за удосконаленим методом отримуємо зчеплюваність на 0,5 бала більше ніж під час випробування за стандартним методом. При цьому в обох випадках після технологічного старіння має місце збільшення зчеплюваності на 0,5 бала, що імовірно пов'язано із зростанням в'язкості бітуму під час старіння.

У випадку використання бітуму з 0,3 % та 0,4 % ПАР маємо схожу тенденцію щодо більшої на 0,5 бала зчеплюваності за удосконаленим методом у порівнянні з стандартним. При цьому, після технологічного старіння зчеплюваність за стандартним методом знижується на 0,5 бала, а за удосконаленим – не змінюється.

Для бітуму з 0,5 % ПАР зчеплюваність у всіх випадках є однаковою та становить 5 балів.

Цікавим виявився вплив ПАР на зчеплюваність. Так, оцінюючи ефективність ПАР за стандартним методом можна прийти до висновку, що оптимальним буде вміст добавки 0,4 %, оскільки за даного вмісту отримуємо показник зчеплюваності 4,5 бала для вихідного бітуму та 4,0 бала – після технологічного старіння. При оцінюванні за удосконаленим методом за оптимальний вміст можна прийняти 0,3 % добавки, оскільки за даного вмісту отримуємо зчеплюваність 4,5 бала як для вихідного бітуму, так і для бітуму після технологічного старіння, що певною мірою дозволяє знизити вартість модифікації бітуму.

Список літератури

1. Пиріг Я. І. Методи оцінки адгезії та когезії бітумних в'язучих / П 94 Я. І. Пиріг, А. В. Галкін; за заг. ред. В. О. Золотарьова. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 224 с.
2. ДСТУ 8787:2018 Бітум та бітумні в'язучі. Метод визначення зчеплюваності зі щебенем.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ADHESION OF BITUMEN TO CRUSHED STONE

Roman Moshkivsky

Abstract. Based on the results of research, it was established that additional heating of aggregates treated with a bituminous binder, using an improved test method, leads to an increase in the adhesion index and, accordingly, to an increase in the effectiveness of surfactant-based additives. Presumably, this is due to the adsorption of bitumen by crushed stone as a result of increasing the duration of interaction between bitumen and crushed stone at high temperature.

It can be assumed that the existing method is more expedient to be used to evaluate the adhesion of bitumen to crushed stone for surface finishing technologies, and the improved method should be implemented to predict the adhesion of bitumen to crushed stone for the production of asphalt concrete mixtures.

Keywords: adsorption; bitumen; surfactant-based additives; adhesion; technological aging.

УДК 65.012.23:658.512(075)

Аналіз підходів до управління проєктами у галузі дорожнього будівництва

Мошківський Р.В., Аксьонов С.Ю.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Реалізація проєктів «Великого будівництва» у контексті будівництва та реконструкції доріг державного значення, а також проведення ремонтів таких доріг є одним з пріоритетних напрямків розвитку інфраструктури держави [1]. Успіх реалізації зазначених проєктів вимагає об'єднання багатьох компетенцій, серед яких компетенції у обґрунтуванні проєктів, проєктуванні доріг, будівництві, менеджменті, управлінні проєктами тощо. Управлінські компетенції при цьому мають ґрунтуватися на методологічному базисі, який, з одної сторони, походив би з класичних методологій менеджменту в управлінні проєктами, з іншої – був би адаптований саме до дорожньої галузі. Проведемо аналіз таких підходів щодо їх придатності у застосуванні до зазначеного типу проєктів.

Ключові слова: автомобільні дороги; велике будівництво; управління проєктами; управління ризиками

Адміністративний підхід. Виконання проєктів «Великого будівництва» на дорогах державного значення відбувається під патронатом Президента України, Офісу Президента України [2] за координації Міністерства інфраструктури України та управляється Державним агентством автомобільних доріг України (далі – Укравтодор). А отже, таке управління має методологічне коріння державного управління і повинно використовувати принципи, моделі, методи та інструменти цієї галузі знань (науки і практики). Особливостями такого підходу варто визначити адміністративну централізацію управління з тенденцією територіальної децентралізації, нормативну врегульованість, тренди на європейську інтеграцію і поступову імплементацію норм європейського законодавства тощо. Враховуючи сильні сторони адміністративного підходу, варто також зазначити, що виключно його використання не є достатнім для ефективного управління проєктами будівництва та реконструкції доріг державного значення, оскільки в сучасних концепціях менеджменту напрацьовано оновлений інструментарій підвищення ефективності реалізації проєктів, який варто також розглядати, аналізувати і використовувати, що буде описано далі.

Методологія управління проєктами. У світі понад 50 років розвивається окрема галузь знань, що спрямована на розробку науково-методологічного забезпечення менеджменту окремого типу діяльності організацій, компаній, підприємств і установ – а саме проєктів, програм і портфелів проєктів. Методологія управління проєктами ґрунтується на напрацюваннях асоціацій з управління проєктами, серед яких IPMA (International Project Management Association), PMI (Project Management Institute), PMAJ (Project Management Association of Japan), UPMA (Ukrainian Project Management Association) тощо. Серед провідних стандартів у галузі проєктного менеджменту варто виділити:

- PMBOK (Guide to Project Management Body of Knowledge) американського інституту PMI [3], а також низку інших стандартів PMI;
- ICB (International Competence Baseline) міжнародної асоціації управління проектами IPMA, а також низку інших стандартів IPMA;
- P2M (Program and Project Management for enterprise innovation) японської асоціації PMAJ.

Доробок галузі управління проектами складають також моделі технологічної зрілості організацій: CMMI (Capability Maturity Model Integrated), PMMM (Project Management Maturity Model) Гарольда Керцнера, OPM3 (Organizational Project Management Maturity Model) інституту PMI тощо.

Перевагами підходу є глибокі напрацювання на основі узагальненої багаторічної практики з управління проектами у різних галузях, недоліками – універсальність стандартів і методологій, їх інваріантність відносно предметної галузі, що в свою чергу, вимагає доопрацювання, адаптації методології управління проектами для дорожньої галузі з урахуванням специфіки галузі.

Гнучка методологія. Така, що виникла в IT галузі, методологія гнучкого управління проектами Agile [4], у 2010-х – 2020-х роках почала стрімко поширюватися на інші галузі. Її основні концепти (гнучкий життєвий цикл, постійна взаємодія із замовником, більший акцент на готовому продукті тощо) варто також проаналізувати щодо доцільності їх впровадження в проектах будівництва та реконструкції доріг державного значення, а також проведення ремонтів таких доріг. Перевагою підходу можна вважати запровадження управлінських рішень, моделей і методів, що дозволяють збільшити швидкість прийняття рішень і підвищити якість продуктів проекту. Основним недоліком – походження з IT галузі і, як наслідок, обмеження у його застосуванні до hard проектів.

Адаптована методологія управління проектами в дорожній галузі. Синтез комбінації доцільних методологій для управління проектами дорожньої галузі може бути спрямований як на створення певної конвергенції методологій зі стандартних моделей і методів, що представлені в стандартних методологіях, так і на розробку власного методологічного підходу до управління будівництва та реконструкції доріг державного значення, а також проведення ремонтів таких доріг. Для вибору одного з можливих напрямків подальших досліджень варто ідентифікувати множину необхідних моделей та методів для управління зазначеними проектами, провести детальний аналіз застосовності стандартних моделей та методів, за результатами якого або обрати базову методологію, або запропонувати конвергенцію методологій, або розпочати розробку авторського методологічного базису.

Окремо слід зазначити, що суттєвою складовою методології управління проектами у галузі будівництва доріг державного значення має бути система управління ризиками. Це обґрунтовано, в першу чергу, викликами, що стоять перед дорожниками і країною в цілому (Covid-19, загроза російської агресії, зміщення меж сезонів внаслідок глобального потепління, непередбачуваним розвитком ринку підрядників у галузі дорожнього будівництва тощо), а також розвиненістю відповідної підгалузі знань в межах проектного менеджменту. Останню тезу, зокрема, доводить наявність і постійне оновлення розробок Міжнародної організації зі стандартизації ISO стосовно управління ризиками [5].

Отже, тематика створення методологічного підґрунтя для реалізації управління проектами будівництва та реконструкції доріг державного значення, а також проведення ремонтів таких доріг, є актуальною. Подальші дослідження у обраному напрямку можуть стосуватися розробки принципів, на яких може базуватися відповідна методологія, а також її концептуальної моделі.

Список літератури

1. «Велике будівництво – програма Президента України» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://bigbud.kmu.gov.ua/>
2. Мета «Великого будівництва» – швидкий та комфортний проїзд по території України різними шляхами – Кирило Тимошенко [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/news/meta-velikogo-budivnictva-shvidkij-ta-komfortnij-proyizd-po-69397>.
3. The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition [Текст] / USA. – Project Management Institute, 2021. – 250 p.

- Cohn Mike. Succeeding with Agile: Software Development Using Scrum [Текст] / Addison-Wesley Professional, 2009. – 512 p.
- ISO 31000:2018(en). Risk management – Guidelines [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>

ANALYSIS OF APPROACHES TO PROJECT MANAGEMENT IN THE INDUSTRY OF ROAD CONSTRUCTION

Roman Moshkivsky, Serhii Aksonov

Abstract. The implementation of "Major construction" projects in the context of the construction and reconstruction of roads of state importance, as well as the repair of such roads, is one of the priority directions for the development of the state's infrastructure [1]. The success of the implementation of these projects requires a combination of many competencies, including competencies in project substantiation, road design, construction, management, project management, etc. At the same time, managerial competencies should be based on a methodological basis, which, on the one hand, would come from classic management methodologies in project management, and on the other hand, would be adapted specifically to the road industry. We will conduct an analysis of such approaches regarding their suitability in application to the specified type of projects.

Keywords: highways; large-scale construction; project management; risk management.

УДК 658.286:001

Застосування будівельних матеріалів для дерев'яних мостів

Торхов А.С., Рубльов А.В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** Дерев'яні композитні мости є новою будівельною технологією. Вони дерев'яні балки і бетонні настили з'єднуються спеціальними «клеючими» матеріалами, утворюючи функціональну конструкцію. Основний тип - це плоска панель, в якій поздовжні планки або балки, що ламінують, перфоровані сталевими поперечними зв'язками для створення єдиної однорідної панелі. Цей тип мосту підходить для прогонів від 3 до 36 метрів. Споруди мають велику несну здатність.*

***Ключові слова:** мостові споруди; транспортне будівництво; дерев'яні мости; містобудівельні матеріали.*

В даний час використання дерев'яних мостів досить поширене. Область їх застосування можлива на різних умовах. У зв'язку з цим розглянуті аспекти застосування деревини в мостобудуванні. Розглянуто експлуатаційно-технічні характеристики деревини у порівнянні з іншими мостобудівельними матеріалами.

Дерев'яні мостів з одного боку є найприроднішими конструкціями будівельного світу, а з іншого одними з класифікаторів транспортних споруд за матеріалом. За своєю сутністю, мости з дерева, є розвитком форм, помічених в навколишньому світі. Колода над струмком - прототип мосту балкового типу, який міг виникнути і без втручання людини, шляхом перекидання дерева вітром. Плаваюча колода - мосту-плота або моста понтонного типу. Ліани і лоза - мотузкових, а потім сучасних підвісних та вантових мостів.

Завдяки своїм природним якостям вона довго залишалася основним матеріалом для спорудження житла, огорож, транспортних засобів. Міцність, гнучкість, порівняльна простота обробки за допомогою нескладних технологій - за сукупністю цих властивостей деревина не мала конкурентів. В індустріальний час основними конструкційними матеріалами стали метал та бетон, а про будівельну деревину майже забули. Однак зараз із розумінням того, що потрібні не лише грандіозні проекти та з усвідомленням важливості дбайливого ставлення до навколишнього середовища, дерево повертається. Сучасні матеріали з нього, на кшталт клеєних масиву та бруса

або модифікованої деревини (ацетилювана деревина, термодеревина), використовуються і в багатоповерховому дерев'яному будівництві, і дерев'яному мостобудуванні. Загалом, деревина як матеріал природно розкладається під впливом руйнівних факторів довкілля та мікроорганізмів, включених у природний цикл органіки-неорганіки. Значна частина дерев'яних будівель було зруйновано вогнем. Технологічність дерев'яні конструкції дозволяє порівняно легко демонтувати та замінити на більш досконалі та з більш сучасних матеріалів. Не дивно, що дерев'яні мости навіть недалекого минулого збереглися лише в картинах, ескізах і кресленнях, історичних текстах та залишках скам'янілої мореної деревини. Проте за історичними документами та матеріальними рештками можна досить точно відновити, як їх будували, і як вимагали збільшення терміну служби.

Мета роботи

Проведення аналізу проблем забезпечення надійності та довговічності мостових споруд транспортного будівництва в умовах розвитку новітніх будівельних матеріалів та сучасних технологій, з урахування новітніх підходів до виконання будівельних робіт, що забезпечує високу надійність роботи конструкції у складних експлуатаційних умовах сьогодення.

Тема роботи актуальна та допомагає у вирішенні питань щодо перспективного розвитку мостобудування.

Виклад основного матеріалу дослідження

Вантажопідйомність і довжина прогону балкового мосту визначаються здатністю матеріалу, з якого виготовлена балка, витримувати навантаження (критично важливі - розтягують, що виникають при згинанні балки). Деревина порівняно добре протистоїть таким навантаженням, і проліт дерев'яного балкового мосту може зв'язати дві опори на відстані десятків метрів. Як опори можуть використовуватися підготовлені майданчики (засади - берегові опори) на краях перешкоди, що долається. Якщо перешкода широка, доводиться нарощувати краю берега чи ставити проміжні опори. До винаходу цементу та розробки технології зведення бетонних опор, матеріалом для опор служили камінь та дерево. Стінки опор могли споруджуватися з деревини як зруби із засипкою порожнеч камінням. Такі конструкції протистояли і течії річки, і паводкам, і льодоходам.

Дерев'яні конструкції опор, прогонів, настили балкового мосту потребували ремонту та відновлення. Для збільшення їх терміну служби підбираються матеріали з більш стійкої до вологи та морозів деревини. Запропоновані способи зменшення навантаження на міст у період льодоходу або паводку (розбірні конструкції, складання каркасу в "ріж" - з прорізами для пропуску потоку води, захисні насипи з каміння).

Із сучасних пиломатеріалів (згідно з вітчизняними нормативами дерев'яні мости будують із сосни, ялини, модрини, а найбільш відповідальні деталі таких мостів виготовляють із твердих листяних порід - дуба, ясеня та ін.), а ще краще з клеєних та композитних деревоматеріалів, міст у деяких випадках виходить і краще, і навіть довговічніше (при заданих витратах на будівництво, ремонтні та регламентні роботи), ніж із звичайних для сучасного мостобудування металу та бетону. Дерев'яний міст із сучасних матеріалів, покритих захисними складами, із зносостійким настилом – доречне рішення для забезпечення пішохідного чи велосипедного руху, якщо передбачуваний термін його експлуатації 50-100 років. Такий міст добре вписується в міське середовище, особливо якщо воно збереже традиційні риси "старого" міста. Є найкращим вибором при оформленні функціонального ландшафту.

У світовій практиці дерев'яне мостобудування посідає важливе місце. Разом з необхідністю будувати нові транспортні розв'язки, які неможливі без мостових споруд, відчувається гостра необхідність в реконструкції та покращенні існуючих об'єктів для збільшення поточних транспортних потреб, з урахуванням того, що за лютий по вересень 2022 року пошкоджено або зруйновано майже 24 тис. кілометрів доріг, 305 мостів. Саме цей фактор впливає на потребу у тимчасових, робочих, мостах "швидких технологій"

Слід згадати, про основні фізико-механічні властивості деревини:

1) Щільність. За умови вологості не більше 12% за показниками густини (кг/м) деревину можна розділити на такі групи:

* Висока щільність ... 750 і вище

* Середній щільності ... 550 - 740

* малої щільності ... 540 і нижче

2) Вологість - властивість деревини, що характеризує кількість вологи, що міститься в ній. Структура деревних волокон така, що волога найкраще проникає крізь торцеві поверхні. За ступенем вологості деревина може бути абсолютно сухою (вологість дорівнює 0%), кімнатно-сухою (вологість від 8 до 15%), повітряно-сухою (вологість від 16 до 20%), напівсухою (вологість від 21 до 23%), сирою (вологи більше 23%), свіжозрубаною (вологість від 40 до 75%) та мокрою (вологість більше 75%).

3) Теплопровідність – здатність деревини проводити тепло від однієї поверхні до іншої. Теплопровідність залежить від її вологості та об'ємної ваги. Волога деревина має нижчий коефіцієнт теплопровідності. Перевага по теплопровідності дерева над цеглою очевидна, оскільки цегляні стінки товщиною 510 мм (у дві цеглини) мають такі ж термоізоляційні властивості, як і стіна з дерев'яного бруса товщиною 100 мм.

4) Звукопровідність – властивість дерева проводити звук. Звук у різних напрямках поширюється з різною інтенсивністю. Звукопровідність деревини вздовж волокон у 4-5 разів вища, ніж упоперек волокон.

5) Усихання - зменшення загального обсягу деревини через випаровування з неї вологи. Усихання прямо пропорційна ступеню зменшення вологості деревини. У різних напрямках деревина усихає неоднаково.

6) Набухання - процес, зворотний усиханні. Висока гігроскопічність є причиною того, що деревина добре вбирає вологу, при цьому вона набухає, збільшується в обсязі, внаслідок чого невеликі тріщини зникають. Надлишок вологи у деревині погіршує її фізико-механічні властивості.

Все це характеризує деревину як не новий, але як досить перспективний мостобудівельний матеріал сьогодення. Більш того треба згадати про можливість особливих обробок, для використання окремих структурних фаз деревини з іншими матеріалами, коли забезпечуються властивості, яких не має жодний з компонентів окремо. Зазвичай отримання поєднання двох або більше компонентів, які нерозчинні або малорозчинні один в одному і мають властивості, що сильно відрізняються. Один компонент пластичний, а другий має високі характеристики міцності (наповнювач, або зміцнювач). Таким чином, використання деревини у поєднанні з полімерами, що композитні матеріали можуть забезпечити пластичність, та міцність. І це дозволяє характеризувати такий матеріал як матеріали особливого класу — природні композитні матеріали.

Список літератури

1. ДСТУ 2241-93 Матеріали композитні. Склопластики. Терміни та визначення.
2. Копань В. С. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посіб. / Василь Копань. — К. : Пульсари, 2004. — 196 с.
3. <https://wood.ua/uk/blog/post/sistema-klasifikaciyi-pilomaterialiv.html>

APPLICATION OF BUILDING MATERIALS FOR WOODEN BRIDGES

Artem Torkhov, Andriy Rublyov

Abstract. *Wooden composite bridges are a new construction technology. They are wooden beams and concrete floors connected with special "glue" materials, forming a functional structure. The basic type is a flat panel in which longitudinal laminations or beams are perforated with steel cross ties to create a single uniform panel. This type of bridge is suitable for spans from 3 to 36 meters. The buildings have a large bearing capacity.*

Keywords: *bridge structures; transport construction; wooden bridges; urban construction materials.*

УДК 625.7/8

Особливості щодо установлення національних вимог до зернового складу асфальтобетонних сумішей згідно з ДСТУ EN 13108-1

Шапаренко А.С., Вишнівський Б., Желтобрюх А.Д.
Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Гармонізований стандарт ДСТУ EN 13108-1 [1] установлює загальні вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей. У зв'язку з цим відповідні вимоги має бути встановлено в національному стандарті залежно від області застосування асфальтобетонних сумішей. Під час подальшого встановлення національних вимог до зернового складу асфальтобетонних сумішей, за основу може бути взято вимоги ДСТУ Б В.2.7-119 [2] щодо вмісту зерен розміром більше ніж 5 мм з відповідним приведенням до вимог ДСТУ EN 13108-1 [1], а також запропоновані вимоги щодо розміру отворів контрольних сит.

Ключові слова: асфальтобетон; асфальтобетонна суміш; заповнювач; зерновий склад; дорожньо-будівельні матеріали; фізико-механічні властивості; щебінь.

Установлює вимоги ДСТУ EN 13108-1 [1] до асфальтобетонних сумішей, що використовують для влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг, аеродромів тощо. Дані асфальтобетонні суміші використовують для влаштування шару основи, зв'язуючого шару та шару покриття.

Особливістю ДСТУ EN 13108-1 [1] є те, що у ньому установлені загальні вимоги до всіх показників, зокрема до зернового складу. Тобто відсутні конкретні вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей залежно від категорії дороги, транспортного навантаження та розташування шару асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу.

Мета роботи

Установлення вимог до зернового складу асфальтобетонних сумішей залежно від категорії дороги, транспортного навантаження та розташування шару асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу на основі вітчизняного досвіду використання асфальтобетонних сумішей.

Виклад основного матеріалу дослідження

Вимоги, що пред'являються до зернового складу асфальтобетонних сумішей відповідно до ДСТУ EN 13108-1 [1] наведено в таблиці 1 та таблиці 2. Зерновий склад описують за кількістю заповнювача з розміром зерен менше ніж 1,4 D , D , 2 мм і 0,063 мм. Підібраний склад асфальтобетонної суміші повинен знаходитися в межах даного зернового складу.

Таблиця 1

Вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей – основний комплект сит та комплект сит 1

D	4	5 (5,6)	8	11 (11,2)	16	22 (22,4)	32 (31,5)
Розмір отворів сита, мм	Вміст зерен, % за масою, менших даного розміру						
1,4 D	100	100	100	100	100	100	100
D	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100
2	50-85	15-72	10-72	10-60	10-50	10-50	10-50
0,063	5,0-17,0	2,0-15,0	2,0-13,0	2,0-13,0	0-12,0	0-11,0	0-11,0

Таблиця 2

Вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей – основний комплект сит та комплект сит 2

Розмір отворів сита, мм	Вміст зерен, % за масою, менших даного розміру								
1,4 D	100	100	100	100	100	100	100	100	100
D	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100
2	50-85	15-72	10-72	10-60	10-55	10-50	10-50	10-50	10-50
0,063	5,0-17,0	2,0-17,0	2,0-13,0	2,0-12,0	2,0-12,0	2,0-12,0	0-12,0	0-11,0	0-11,0

Вимоги до вмісту зерен певної фракції вказують у вигляді обраних мінімальних і максимальних значень проходу через сита з розміром отворів 1,4 D , D , 2 мм і 0,063 мм у відсотках. Поєднання сит з комплектів 1 і 2 не допускається.

Якщо сито, розраховане як $1,4 D$, не відповідає сити основного або додаткового комплекту сит, необхідно вибрати сито, найбільш близьке за розміром до необхідного.

При цьому зазначено, що вимоги до зернового складу додатково може бути зазначено в документах, пов'язаних із застосуванням асфальтобетонних сумішей. Також може бути встановлено додаткові вимоги до зернового складу щодо вмісту зерен, які проходять через сито з певним розміром отворів. В той же час може бути обрано не більше ніж два сита відповідного розміру між 2 мм та D і два сита відповідного розміру між 2 мм та $0,063 \text{ мм}$.

Як видно з даних таблиці 1 та 2, установлені в ДСТУ EN 13108-1 [1] вимоги до зернового складу мають широкий діапазон значень, що ймовірно пов'язано з різною можливою областю застосування асфальтобетонних сумішей. Наприклад, асфальтобетонні суміші зерновий склад яких наближається до верхньої межі значень доцільно використовувати в конструкції дорожнього одягу з незначним транспортним навантаженням і навпаки, асфальтобетонні суміші зерновий склад яких наближається до нижньої межі значень доцільно використовувати в конструкції дорожнього одягу з значним транспортним навантаженням. Такий підхід є аналогічним підходу, що застосований в ДСТУ Б В.2.7-119 [2], де виконано поділ асфальтобетонних сумішей на типи за вмістом щебеню і, відповідно, встановлено різну область використання цих асфальтобетонних сумішей.

Тому, доцільно порівняти вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей згідно з ДСТУ EN 13108-1 [1] та ДСТУ Б В.2.7-119 [2]. Найбільш використовуваними в Україні є дрібнозернисті та крупнозернисті асфальтобетонні суміші з найбільшим номінальним розміром зерен відповідно 20 мм та 40 мм . Враховуючи коефіцієнт приведення $0,8$ даним асфальтобетонним сумішам буде відповідати асфальтобетонна суміш з максимальним номінальним розміром зерен відповідно 16 мм та 32 мм .

Виконаний аналіз показав, що зерновий склад асфальтобетонної суміші типу А згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] орієнтовно відповідає середнім значенням вимог ДСТУ EN 13108-1 [1] з наближенням до нижньої межі, тобто містить значну кількість крупного заповнювача. У випадку асфальтобетонної суміші типу Б згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] має місце наближення зернового складу до верхньої межі вимог ДСТУ EN 13108-1 [1] і, відповідно, зменшення вмісту крупного заповнювача. Для асфальтобетонної суміші типу В згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] встановлено невідповідність вимогам до зернового складу ДСТУ EN 13108-1 [1], що проявляється у низькому вмісті зерен крупного заповнювача.

Аналогічні дані отримуємо під час порівняння зернового складу асфальтобетонних сумішей типу А1 та Б1 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] із вимогами до зернового складу ДСТУ EN 13108-1 [1].

Варто також зазначити, що допустимий максимальний залишок на ситі з розміром отворів, що відповідає максимальному номінальному розміру зерен заповнювача у складі асфальтобетонної суміші, відповідно до вимог ДСТУ EN 13108-1 [1] є більшим за вимоги ДСТУ Б В.2.7-119 [2], а також те, що абсолютний максимальний розмір заповнювача визначають як $1,4 D$, тобто відхил є змінним і залежить від максимального номінального розміру заповнювача у складі асфальтобетонної суміші, в той час як відповідно до ДСТУ Б В.2.7-119 [2] дане значення є постійним і становить 5 мм .

Виходячи з отриманих результатів, вважаємо за доцільне також порівняти вимоги до зернового складу дрібнозернистих асфальтобетонних сумішей з найбільшим номінальним розміром зерен 10 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] та асфальтобетонних сумішей з максимальним номінальним розміром зерен 8 мм згідно з ДСТУ EN 13108-1 [1], а також піщаних асфальтобетонних сумішей.

В результаті даного порівняння можемо бачити, що зерновий склад асфальтобетонної суміші типу А згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] наближається до нижньої межі вимог ДСТУ EN 13108-1 [1], зерновий склад асфальтобетонної суміші типу Б – до середніх значень вимог ДСТУ EN 13108-1 [1], а зерновий склад асфальтобетонної суміші типу В – до верхніх значень вимог ДСТУ EN 13108-1 [1]. Тобто, на відміну від асфальтобетонних сумішей з найбільшим розміром зерен 20 мм , всі типи асфальтобетонних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [2] відповідають установленому діапазону вимог згідно з ДСТУ EN 13108-1 [1].

Асфальтобетонна суміш типу Г згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 за зерновим складом повністю відповідає вимогам ДСТУ EN 13108-1 [1]. При цьому, діапазон вимог згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 є меншим за відповідний діапазон згідно з ДСТУ EN 13108-1 [1].

Варто звернути увагу на кількість контрольних сит відповідно до ДСТУ EN 13108-1 [1] та ДСТУ Б В.2.7-119 [2]. Так, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-119 [2] щодо крупнозернистої асфальтобетонної суміші, кількість контрольних сит становить 12, а відповідно до вимог ДСТУ EN 13108-1 [1] для аналогічної асфальтобетонної суміші кількість контрольних сит становить 4. Навіть з чотирма додатковими ситами загальна кількість контрольних сит буде становити 8.

Очевидно кількість контрольних сит та розмір їх отворів необхідно встановлювати залежно від максимального номінального розміру зерен заповнювача у складі асфальтобетонної суміші та використовуваних фракцій заповнювача. Наприклад, одним з сит між ситом з розміром отворів 2 мм та D може бути сито з розміром отворів 4 мм, що відповідає вітчизняному сити з розміром отворів 5 мм. Таким чином буде збережено вітчизняні напрацювання щодо колієстійкості асфальтобетонів залежно від вмісту щебеню.

Для другого контрольного сита може бути прийнято сито, що йде наступним за ситом з розміром отворів, який відповідає максимальному номінальному розміру заповнювача в складі асфальтобетонної суміші. Це необхідно для забезпечення достатньої кількості заповнювача крупнішої фракції у складі асфальтобетонної суміші.

В якості контрольного сита між 2 мм та 0,063 мм доцільно обрати сито з розміром отворів 0,125 мм, оскільки саме це сито найбільш повно характеризує розділ між наповнювачем та дрібним заповнювачем.

Зведені пропозиції щодо отворів контрольних сит залежно від максимального номінального розміру заповнювача у складі асфальтобетонної суміші наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Зведені пропозиції щодо отворів контрольних сит

Пропоновані розміри отворів контрольних сит, мм, залежно від максимального номінального розміру заповнювача у складі асфальтобетонної суміші, мм						
4	5 (5,6)	8	11 (11,2)	16	22 (22,4)	32 (31,5)
5 (5,6)	8	11 (11,2)	16	22 (22,4)	32 (31,5)	45
4	5 (5,6)	8	11 (11,2)	16	22 (22,4)	32 (31,5)
–	–	5 (5,6)	8	11 (11,2)	16	22 (22,4)
–	4	4	4	4	4	4
2	2	2	2	2	2	2
0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063

Щодо використовуваних фракцій заповнювача, то для крупнозернистої асфальтобетонної суміші можна виконувати більш грубе дозування мінеральних матеріалів, однак при цьому відношення D до d не повинно бути більшим ніж 2, що відповідає установленому в Україні фракціонуванню матеріалів.

Таким чином, для виробництва крупнозернистої асфальтобетонної суміші може бути використано наступні фракції заповнювача: 16/32, 8/16, 4/8, 2/4 та 0/2.

У випадку дрібнозернистої асфальтобетонної суміші доцільно використовувати більш вузькі фракції щебеню: 11/16, 8/11, 4/8, 2/4 та 0/2.

Список літератури

1. ДСТУ EN 13108-1:2018 (EN 13108-1:2016, IDT) Бітумомінеральні суміші. Технічні умови. Частина 1. Асфальтобетон.
2. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

FEATURES REGARDING THE ESTABLISHMENT OF NATIONAL REQUIREMENTS FOR THE GRAIN COMPOSITION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES ACCORDING TO DSTU EN 13108-1

Andriy Shaparenko, Boleslav Vyshnivskiy, Anton Zheltobryukh,

Abstract. *The harmonized standard DSTU EN 13108-1 [1] establishes general requirements for the grain composition of asphalt concrete mixtures. In this regard, the relevant requirements should be established in the national standard depending on the area of application of asphalt concrete mixtures. During the further establishment of national requirements for the grain composition of asphalt concrete mixtures, the requirements of DSTU B V.2.7-119 [2] regarding the content of grains larger than 5 mm can be taken as a basis with the corresponding reduction to the requirements*

DSTU EN 13108-1 [1], as well as proposed requirements for the size of the holes of control sieves.

Key words: *asphalt concrete; asphalt concrete mixture; aggregate; grain composition; road construction materials; physical and mechanical properties; crushed stone.*

УДК 624

Концепція будівництва мостів

Лапченко А.С., Шапаренко А.С., Андрушко Б.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. *Розглянуто основні тенденції розвитку світового мостобудування в області металевих та бетонних мостів для пошуку шляхів його удосконалення та напрацювання певних прийомів далекоглядної концепції, без знання яких неможливо створити конструкції мостів, які б відповідали сучасним вимогам технічного прогресу.*

Ключові слова: *бетон; метал; міст; міцність; технологія будівництва*

Запропоновано прийоми далекоглядної концепції нової інфраструктури, де основна увага приділяється інженерії мостів. Концепція використовує існуючі та нові технології, а також нові методи проектування та будівництва мостів, які б задовольняли вимоги 21-го століття. Щоб використати потенційні технології, далекоглядна концепція будівництва мосту розроблена шляхом визнання відомих недоліків в інфраструктурі, таких як структурний недолік або недолік міцності існуючих конструкцій. Він також розглядає поточні вимоги (тобто стійкість, низькі витрати на обслуговування, короткий час будівництва та відсутність перешкод) і майбутні можливості (тобто дизайн вільної форми та інтеграція функцій).

Мета роботи

Об'єднання сучасних технологій будівництва з врахуванням та виправленням певних структурних та міцнісних недоліків в загальній концепції будівництва мостів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Щоб отримати витончений міст, необхідно використовувати вищий рівень попереднього напруження, а отже, необхідно застосувати надвисокоєфективний бетон. Застосування надвисокоєфективного бетону обмежене через відсутність техніко-економічних обґрунтувань, досвіду, критеріїв проектування та великомасштабного застосування матеріалів. Крім того, важливими факторами є вартість надвисокоєфективного бетону та покриття ризиків. Найкращий і, мабуть, єдиний спосіб почати використовувати надвисокоєфективний бетон – це виконати повномасштабні випробування та виконати пілотні проекти. Такий підхід було застосовано в Малайзії [1-3]. Хоча в Малайзії надвисокоєфективний бетон в основному застосовується з міркувань довговічності та низьких витрат на обслуговування у віддалених районах, результати,

безумовно, обнадійливі для застосування надвисокоєфективного бетону для швидкого та безперешкодного будівництва в Нідерландах.

Зважаючи на його низьку проникність і високу міцність, надвисокоєфективний бетон також знайшов широке застосування в Швейцарії, для реконструкції бетонних мостів у зонах, що піддаються суворим умовам навколишнього середовища та транспортним навантаженням [1-3]. Висока довговічність надвисокоєфективного бетону порівняно з традиційним бетоном є важливою додатковою перевагою для нових голландських мостів, оскільки менше обслуговування призведе до скорочення періодів простою та, отже, менше заважатиме під час періоду експлуатації.

Переваги низьколегованих сталей, як конструкційного матеріалу для мостів, перед маловуглецевою сталлю призводить до зменшення маси прогонових будов і підвищення їх експлуатаційної надійності. Перевагами низьколегованих сталей також можуть бути: підвищена міцність, стійкість до низьких від'ємних температур, корозійна стійкість при відносно невеликій підвищеній вартості. Зниження металоємності при використанні маловуглецевої сталі в межах однакових параметрів прогонових будов складе 10-30 %. Існує декілька способів підвищення міцності сталі, зокрема підвищення меж пружності та текучості. При розтязі сталі за межами пружності розвивається пластичне зміщення. Опір сталі цим зміщенням можна підвищити термічною обробкою або легуванням сталі певними хімічними елементами. Суттєво підвищуються механічні властивості сталі при термічній її обробці шляхом закалювання з наступною нормалізацією. Основна ціль термічної обробки – змінити структуру сталі, що підвищує міцність і межу текучості при незначному зниженні пластичності, а також опору крихкому руйнуванню. Важливим залишається питання раціонального використання матеріалу в елементі згину. В розтягнутій зоні висока міцність матеріалу може бути використана повністю, в стінках балки, що працюють головним чином на сприйняття поперечної сили, як правило, мінімальна товщина призначається з умови її місцевої стійкості і висока міцність матеріалу не потрібна. Таким чином, найбільш вигідною постає конструкція, в якій стиснутий пояс і вертикальна стінка виконані з сталі звичайної якості, а розтягнута зона – з сталі підвищеної міцності [1-3].

Сучасні конструкції мостів характеризуються просторовою роботою, складною геометрією, складними умовами опирання. Матеріалам застосування притаманні нелінійні фізичні характеристики. Чітке врахування цих факторів пов'язане з великими складнощами обчислювального характеру, включаючи відповідне моделювання. До появи спеціальних обчислювальних програм моделювання ці складнощі ставали перепоною використання прогресивних конструктивних схем. Тому постійне удосконалення та оновлення спеціальних обчислювальних програм моделювання дозволить використовувати розрахункові схеми, які максимально можливо відтворюватимуть експлуатацію мостової споруди [1-3].

Для подальшого скорочення загального часу реалізації проекту та простою доріг можна використовувати метод прискореного будівництва мостів. Наприклад, для розміщення мосту можна використовувати метод бокового висувного мосту або самохідні модульні транспортери. Супутнє зменшення власної ваги мосту є вирішальними, оскільки міст потрібно підняти й перетягнути на місце [1-3].

Прикладом використання самохідних модульних транспортерів для заміни мостів міжштатних автомагістралей, що зазвичай може зайняти місяці, або навіть рік або більше за традиційних методів будівництва, є проект мостів в штаті Юта. Проект полягав у заміні двох існуючих мостів, побудованих у 1959 році. Запланована заміна мостів передбачала, що дорога буде закрито з 19:00 п'ятниці до 4:00 наступного понеділка. Однак проект просувався гладко, і обидва мости були відкриті для руху навіть раніше встановленого терміну [3].

Список літератури

1. Вінер Ю.Л., Фістор С.М.; Пекар Л.Г. Технологія для майбутнього. У матеріалах «Бетон та бетонні конструкції»: Сучасні технології будівництва, Маастрихт, Нідерланди, 21–24 червня 2019 р.
2. Бравелюр Е.Ф.; Даранільє Е.К. Реконструкція та зміцнення бетонних конструкцій з використанням бетону надвисокої якості. Структура. інж. Міжн. 2019, № 23, С. 450–457.
3. Лучко Й.Й., Коваль П.М., Корнієв М.М., Лантух-Лященко А.І., Хархаліс М.Р. Мости: конструкції та надійність / за ред. В.В. Панасюка і Й.Й. Лучка. – Львів: Каменяр, 2005. – (Нац. академія наук України. Фіз.-мех. ін.-т ім. Г.В. Карпенка. Довідник). – 989 с.

BRIDGE CONSTRUCTION CONCEPTS

Artem Lapchenko, Andriy Shaparenko, Bohdan Andrushko

Abstract. *The main trends in the development of world bridge construction in the field of metal and concrete bridges are considered in order to find ways to improve it and develop certain techniques of a far-sighted concept, without the knowledge of which it is impossible to create bridge structures that would meet the modern requirements of technical progress.*

Keywords: *concrete; metal; bridge; strength; construction technology*

УДК 625.7/8

Дослідження впливу гумової крихти на властивості бітумів

Мірчук І.О., Мороз В., Столярова Л.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. *Проведені дослідження вказують на те, що «мокра» модифікація є більш ефективною. Так, для забезпечення зростання міцності на 20 % при «сухий» модифікації необхідно 10 % гумової крихти, в той час як при «мокрій» - лише 5,0 %. За результатами випробувань асфальтобетонних зразків на стиск за температури 20 °С, «мокра» технологія модифікації є більш ефективною за «суху». При однаковому вмісті гумової крихти, гумоасфальтобетон отриманий за «мочною» технологією, відзначається вищими показниками міцності, при цьому приріст міцності є в 2 – 3 рази вищим ніж при «сухий» технології модифікації. Характер зміни міцності асфальтобетону, отриманого за «сухою» технологією при температурах випробування 20°С та 50°С практично однаковий, тобто зростання міцності відбувається пропорційно збільшенню вмісту гумової крихти в асфальтобетоні. При «мокрій» технології модифікації міцність за температури 50 °С із збільшенням вмісту гумової крихти зростає більш інтенсивно, а за температури 20 °С крива зростання міцності має децю згасаючий характер, що може свідчити про зменшення температурної чутливості асфальтобетону із збільшенням в ньому модифікатора.*

Ключові слова: *бітум; модифікація; гумова крихта.*

Вступ

Для забезпечення надійної експлуатації асфальтобетонного покриття, а також забезпечення комфортного та безпечного руху автомобільного транспорту по мостових спорудах та автомобільних дорогах необхідне дослідження та застосування модифікуючих добавок для модифікації бітумів. Також, актуальним питанням з точки зору екології є використання відходів гумової промисловості. Варто зазначити, що вказана продукція має високу пожежну небезпеку, а продукти неконтрольованого згорання чинять практично безповоротний вплив на довкілля.

Мета роботи

Покращення фізико – механічних якостей бітумного в'язучого та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище відходів гумової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження

Під час проведення випробувань модифікації бітуму було виконаного дослідження впливу гумової крихти отриманої за термозсувною технологією на властивості асфальтобетонів. Модифікація асфальтобетонних сумішей виконувалась за «мочною» та «сухою» технологіями.

Результати випробувань асфальтобетонів на основі бітуму модифікованого гумовою крихтою наведено в таблиці 1.

Результати випробувань показують, що щільність гумоасфальтобетонів є нижчою ніж у асфальтобетону на вихідному бітумі (рис.1). Середня густина асфальтобетонних зразків знижується по мірі збільшення в них вмісту гумової крихти. При цьому більше зниження щільності відбувається при «сухому» способі введення модифікатора. Так, при «мокрій» модифікації асфальтобетонних сумішей 10 % гумової крихти середня густина асфальтобетонних зразків

знижується з $2,385 \text{ г/см}^3$ до $2,360 \text{ г/см}^3$, а при «сухий» модифікації – до $2,348 \text{ г/см}^3$ при тому ж вмісті добавки.

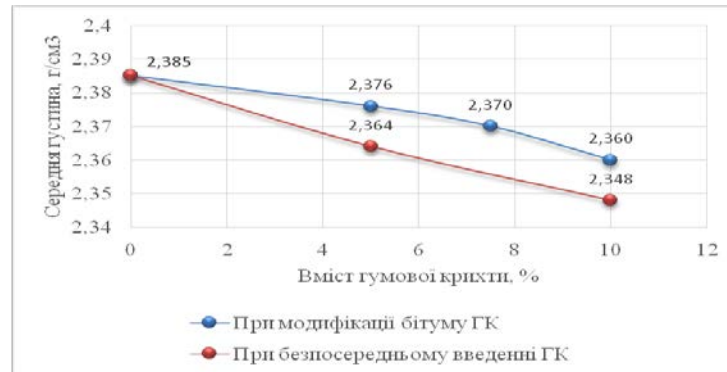


Рис.1. Визначення щільності лабораторних зразків

Таблиця 1

Результати проведених досліджень бітумів модифікованих гумовою крихтою

Назва показника	Результати випробувань асфальтобетонів					
	на бітумі марки БНД 60/90	на бітумі марки БНД 60/90, модифікованому гумовою крихтою, %			на бітумі марки БНД 60/90 при безпосередньому введенні гумової крихти на мінеральний матеріал, %	
		5,0	7,5	10,0	5,0	10,0
Середня густина, г/см^3	2,385	2,376	2,370	2,360	2,364	2,348
Водонасичення, % за об'ємом	2,0	2,1	2,3	2,8	2,0	2,3
Міцність при стиску, МПа за температури:						
0 °C (R_0)	9,60	8,80	9,70	10,20	9,80	10,60
20 °C (R_{20})	4,00	5,20	5,70	6,10	4,30	4,60
50 °C (R_{50})	2,00	2,40	2,70	3,30	2,20	2,40
Коефіцієнт водостійкості	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91
Коефіцієнт температурної чутливості (R_0/R_{50})	4,80	3,67	3,59	3,09	4,45	4,42

Поряд із зниженням щільності відбувається зростання водонасичення асфальтобетонів (рис.2). При вмісті 5,0 % гумової крихти водонасичення практично не змінюється. Із збільшенням її вмісту до 10,0 % має місце зростання водонасичення з 2,0 % до 2,8 % при «мокрій» модифікації, при «сухий» - до 2,3 %.

Гумоасфальтобетони в порівнянні з вихідним асфальтобетоном відзначаються більшою міцністю на стиск за температури 50 °C (рис.3).

«Мокра» модифікація асфальтобетонних сумішей при вмісті гумової крихти 5,0 % призводить до зростання міцності на 20 % (з 2,0 МПа до 2,4 МПа). При збільшенні вмісту модифікатора до 7,5 % та 10,0 % міцність зростає на 35 % та 65 %, відповідно (до 2,7 МПа та 3,3 МПа). При «сухий» модифікації зростання міцності відбувається менш інтенсивно. Із збільшенням вмісту гумової крихти спостерігається подальше лінійне зростання міцності.

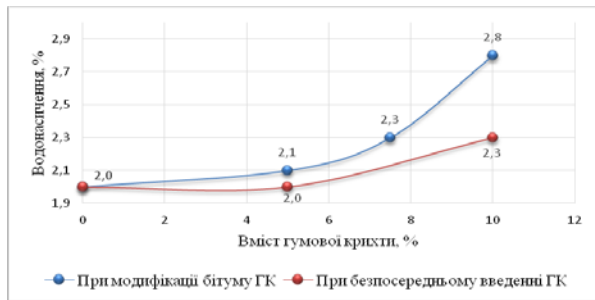


Рис.2. Визначення водонасичення лабораторних зразків

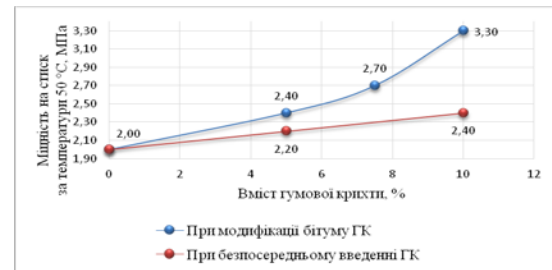


Рис. 3. Визначення міцності на стиск при температурі 50 °С лабораторних зразків

Аналогічно міцності за температури 50 °С відбувається зростання міцності за температури 20 °С (рис. 4). При «сухій» модифікації асфальтобетону 5,0 % та 10,0 % гумової крихти відбувається зростання міцності на 7,5 % (з 4,0 МПа до 4,3 МПа) та 15 % (4,0 МПа до 4,6 МПа), відповідно.

Введення 5,0 % гумової крихти за «мочною» технологією призводить до зростання міцності асфальтобетонних зразків на 30 % (4,0 МПа до 5,2 МПа), що в два рази вище ніж при модифікації 10,0 % за «сухою» технологією. Із збільшенням вмісту до 7,5 % та 10,0 % відбувається подальше зростання міцності на 42,5 % (4,0 МПа до 5,7 МПа) та 52,5 % (4,0 МПа до 6,1 МПа), відповідно.

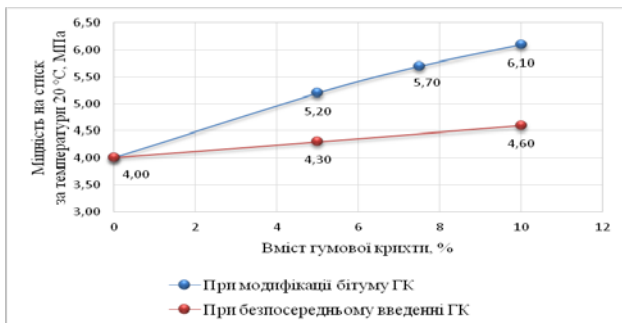


Рис.4. Визначення міцності на стиск при температурі 20 °С лабораторних зразків

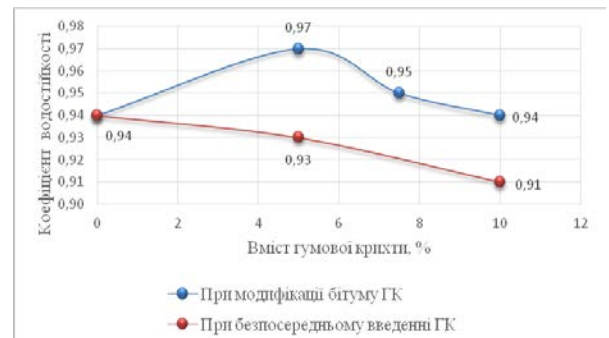


Рис.5. Визначення водостійкості лабораторних зразків

Водостійкість асфальтобетону при його модифікації гумовою крихтою змінюється по різному (рис.5).

При введенні 5,0 % гумової крихти за «мочною» технологією водостійкість асфальтобетону підвищується з 0,94 до 0,97. Збільшення її вмісту до 7,5 % та 10,0 % призводить до зниження коефіцієнту водостійкості до 0,95 та 0,94, відповідно. Однак при цьому за водостійкістю гумоасфальтобетон не поступається асфальтобетону на вихідному бітумі.

Коефіцієнт водостійкості гумоасфальтобетону, отриманого за «сухою» технологією, у порівнянні з асфальтобетоном на вихідному бітумі, знижується з 0,94 до 0,93 при вмісті гумової крихти 5,0 % та з 0,94 до 0,91 – при 10,0 %.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7.-310:2016 Бітуми дорожні, модифіковані гумовою крихтою. Технічні умови. З поправкою.
2. ДСТУ 9116:2021 Бітуми та бітумні в'язучі. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови
3. ДСТУ 4044:2019 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF RUBBER CRUMB ON THE PROPERTIES OF BITUMEN

Iryna Mirchuk, Vadim Moroz, Larisa Stolyarova

Abstract. Conducted studies indicate that "wet" modification is more effective. Thus, to ensure a 20% increase in strength with "dry" modification, 10% of rubber crumb is needed, while with "wet" - only 5.0%. According to the results of compression tests of asphalt concrete samples at a temperature of 20 °C, the "wet" modification technology is more effective than the "dry" one. With the same content of rubber crumb, rubber-asphalt concrete obtained by the "wet" technology is characterized by higher strength indicators, while the increase in strength is 2-3 times higher than with the "dry" modification technology. The nature of changes in the strength of asphalt concrete obtained by "dry" technology at test temperatures of 20°C and 50°C is practically the same, that is, the increase in strength is proportional to the increase in the content of rubber crumb in asphalt concrete. With the "wet" modification technology, the strength at a temperature of 50 °C increases more intensively with an increase in the content of rubber crumb, and at a temperature of 20 °C, the strength growth curve has a somewhat fading character, which may indicate a decrease in the temperature sensitivity of asphalt concrete with an increase in the modifier in it.

Keywords: bitumen; modification; rubber crumb.

УДК 625 7/8

Забезпечення довговічності асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження

Лісневський Р., Весіч І.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Наукова робота присвячена розробці методу розрахунку на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження. Розроблена класифікація умов навантаження за характерними ділянками. Обґрунтовано і розроблено методику визначення горизонтальних розтягуючих напружень в залежності від часу дії навантаження, що можуть викликати розтріскування асфальтобетонних шарів при одноразовому чи багаторазовому прикладенні навантаження. Отримані умови граничного стану, що описують розтріскування асфальтобетонних шарів при різних режимах і часі дії навантаження. На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлені закономірності тріщиностійкості асфальтобетонних шарів в залежності від впливу транспортних, кліматичних та конструктивно-матеріалознавчо-технологічних факторів. Показана можливість підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів за рахунок раціонального цілеспрямованого конструювання дорожнього одягу та застосування сучасних матеріалознавсько-технологічних підходів. Наведені результати виробничої апробації.

Ключові слова: тріщиностійкість; асфальтобетонні шари; термореологічні характеристики; час дії навантаження; напружено-деформований стан; граничний стан; термореологічна чутливість; довговічність.

На основі аналізу умов роботи асфальтобетонного покриття встановлено, що на режим та час дії навантаження впливають особливості характеру та умов руху: наявність регулювання руху транспортних засобів (світлофорного на перехрестях, під'їздах тощо); наявність громадського транспорту (зупинки); наявність підйомів та спусків; інтенсивність руху транспортних засобів; рух транспортних засобів у нічний час. Запропонована класифікація умов навантаження за характерними ділянками: ділянка безперервного руху, ділянка гальмування, ділянка зупинки, ділянка розгону (табл. 1).

Таблиця 1

Комбінації часу дії навантаження для характерних ділянок

Ділянка безперервного руху (ДБ)	Ділянка гальмування (ДГ)	Ділянка зупинки (ДЗ)	Ділянка розгону (ДР)
t_b^n – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів	t_b^n – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_z^n – час дії навантаження від транспортних засобів, що гальмують, але не зупиняються	t_b^n – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_z^n – час дії навантаження від транспортних засобів, що гальмують, але не зупиняються; t_z^n – час дії навантаження при зупинці руху транспортних засобів; t_p^n – час дії навантаження від транспортних засобів, що набирають розгін	t_b^n – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_p^n – час дії навантаження від транспортних засобів, що набирають розгін

Обґрунтовано і розроблено методику визначення горизонтальних розтягуючих напружень в залежності від часу дії навантаження, що можуть викликати розтріскування асфальтобетонних шарів при одноразовому чи багаторазовому прикладенні навантаження. Показана можливість встановлювати нормальні напруження за аналітичними залежностями, отриманими на основі апроксимації результатів числового аналізу напружено-деформованого стану, виконаного з використанням точного рішення.

Розроблено метод оцінки тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з урахуванням часу дії навантаження. Для оцінки граничного стану асфальтобетонних шарів за тріщиностійкістю основуючись на положеннях кінетичної теорії міцності твердих тіл, було зроблено обґрунтування вибору умови граничного стану та функції довговічності.

Для оцінки граничного стану асфальтобетонних шарів щодо тріщиностійкості, на підставі положень кінетичної теорії міцності твердих тіл, було обґрунтовано умови граничного стану та функції довговічності

$$M \leq k_{кл} \cdot k_{ст} \cdot C_{тр}, \quad (1)$$

де M – міра небезпеки розтріскування асфальтобетонного шару; $C_{тр}$ – граничне значення показника тріщиностійкості асфальтобетону (встановлюється експериментально); $k_{кл}$, $k_{ст}$ – коефіцієнти, що відображають відповідно вплив кліматичних факторів та старіння на значення $C_{тр}$ асфальтобетону.

Отримано умови граничного стану, що описують розтріскування асфальтобетонних шарів за різних режимів і часу дії навантаження: за довільного режиму зміни розтягуючих напружень; за постійною швидкістю росту навантаження; за постійною швидкістю росту деформування. Отримано аналітичні залежності для оцінки впливу поверхневих горизонтальних розтягуючих напружень на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів.

На основі натурних досліджень встановлені закономірності розтріскування асфальтобетонних шарів на різних характерних ділянках, що відрізняються комбінаціями і часом дії навантаження. Обсяги тріщиноутворення на характерних ділянках обстежених об'єктів тим більші, чим більший час дії навантаження.

На основі лабораторних досліджень визначено закономірності впливу часу дії та режиму навантаження на деформаційні та міцнісні характеристики асфальтобетону. Встановлено, що такий різний характер зміни деформаційних і міцнісних характеристик зумовлює закономірності

розтріскування асфальтобетону в залежності від часу дії і режимів навантаження. На основі проведених лабораторних досліджень була показана можливість підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів за рахунок застосування сучасних матеріалознавчих підходів (наприклад, застосування полімерасфальтобетону, щебенево-мастикового асфальтобетону, армуючих синтетичних сіток). Отримані результати числового аналізу впливу транспортних, кліматичних та конструктивно-матеріалознавчо-технологічних факторів. На основі запропонованої класифікації за терморологічною чутливістю дорожньо-будівельні матеріали поділені на групи: високочутливі, чутливі, помірночутливі, низькочутливі.

Показано, що використання в основах менш реологічно чутливих цементовмісних матеріалів значно покращує довговічність дорожнього одягу. Виявлено особливості зміни горизонтальних нормальних розтягуючих напружень, що виникають на підшві та на поверхні асфальтобетонних шарів для конструкції дорожнього одягу із різною терморологічною чутливістю.

Розроблено і впроваджено практичні рекомендації для підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів у місцях з різним часом дії навантаження.

Результати дисертаційних досліджень реалізовані при проектуванні реконструкції автомобільних доріг України: Київ-Чоп (ділянка км 34 – км 40, км 704 – км 706), Київ-Одеса (ділянка км 27 – км 28; км 149 – км 153) та ін.; вулиць та площ м. Києва – вул. Інститутська, вул. Академіка Глушкова, пл. Перемоги, вул. Набережно-Лугова, вул. Набережно-Хрещатицька та ін.

Список літератури

1. Бесараб О.М. Врахування режиму навантаження асфальтобетонного покриття при розрахунках його на тріщиностійкість // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2001, випуск 61. – Київ, Національний транспортний університет, 2001. – С.61-65.
2. Бесараб О.М. Вплив тривалості дії навантаження на тріщиностійкість нежорсткого аеродромного покриття // III Міжнародна науково-технічна конференція (Авіа-2001). Том 4. – Київ - 2001. – С. 15.1-15.2
3. Мозговой В.В., Бесараб А.Н. Влияние режима нагружения воздушными судами аэродромных покрытий на их напряженно-деформированное состояние // III Міжнародна науково-технічна конференція (Авіа-2001). Том 1. – Київ. - 2001. – С.14.54-14.57

ENSURING THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE LAYERS TAKING INTO ACCOUNT THE LOAD TIME

Roman Lisnevskiy, Ivan Vesich

***Abstract.** The scientific work is devoted to the development of a method for calculating the crack resistance of asphalt concrete layers taking into account the time of the load. A classification of load conditions by characteristic sections has been developed. The method of determining horizontal tensile stresses depending on the time of the load action, which can cause cracking of asphalt concrete layers during one-time or repeated application of the load, is substantiated and developed. The obtained limit state conditions describing the cracking of asphalt concrete layers under different regimes and duration of the load. On the basis of theoretical and experimental studies, the regularities of the crack resistance of asphalt concrete layers have been established, depending on the influence of transport, climatic, and structural-materials-technological factors. The possibility of increasing the crack resistance of asphalt concrete layers due to the rational purposeful construction of road clothing and the use of modern material science and technology approaches is shown. The results of production testing are presented.*

Keywords: crack resistance; asphalt concrete layers; thermorheological characteristics; load action time; stress-strain state; limit state; thermorheological sensitivity; durability.

УДК 624.014:624.2

Дослідження напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій

Карнаков І.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Транспортні споруди із збірних металевих гофрованих конструкцій набули широкого застосування у країнах Європейського Союзу, США, Канаді та інших країнах. Вони також інтенсивно впроваджуються у транспортне будівництво і в Україні. У порівнянні із спорудами із бетону, чи залізобетону, споруди із металевих гофрованих конструкцій вимагають менших витрат часу та праці при будівництві. Захист металевих листів конструкцій цинковим покриттям призводить до великих термінів служби в експлуатації. В Україні споруди із МГК зустрічаються у вигляді малих мостів, шляхопроводів, транспортних тунелів, водопропускних труб тощо. При цьому споруди із МГК експлуатуються, як на автомобільних дорогах так і залізничній колії.

Ключові слова: транспортні споруди; металеві гофровані конструкції; деформації.

Несуча здатність споруд із металевих гофрованих конструкцій забезпечується спільними умовами роботи металевих листів та ґрунтової ущільнюючої засипки. У працях [1, 2, 3] встановлено, що при недостатньому ступені ущільнення ґрунтової засипки споруд із МГК у процесі експлуатації, вони зазнають зміни форми поперечного перетину, утворення пластичних деформацій тощо.

Отже, проведення досліджень напружено-деформованого стану металевих конструкцій транспортних споруд із врахуванням ступеню ущільнення ґрунтової засипки є актуальною задачею наукового дослідження.

У праці [4] зазначено, що оцінка несучої здатності споруд із МГК методом скінчених елементів дає можливість провести розрахунки споруд із врахуванням комплексу факторів ґрунтової ущільнюючої засипки та фізико-механічних і геометричних параметрів гофрованих листів.

При розрахунку несучої здатності транспортних споруд із металевих конструкцій, механічні параметри гофрованої оболонки, такі як модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона заміняють механічними характеристиками по двох координатах оболонки E_x , E_y , ν_x , ν_y [1, 5]. Вони визначаються за формулами:

$$E_x = E \frac{A_a}{a \cdot h}, \quad E_y = E \left(\frac{t}{h} \right)^3, \quad \nu_x = \nu, \quad \nu_y = \nu \frac{E_y}{E_x}, \quad h = \sqrt{12(1-\nu_x^2) \frac{I_a}{A_a}}. \quad (1)$$

Пояснення до геометричних параметрів наведено на рис. 1.

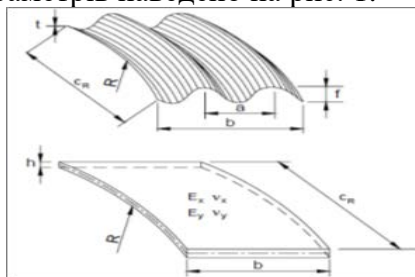


Рис. 1. Схема до розрахунку геометричних параметрів конструкцій при заміні гофрованої ізотропної оболонки гладкою ортотропною [1, 5]

Виклад матеріалу досліджень

Для оцінки напружено-деформованого стану металевих гофрованих листів прийнято транспортну споруду, еліпсоподібної форми, виготовлену із гофрованих конструкцій з параметрами хвиль гофр 150x50x6 мм. Геометричні параметри листа: площа становить 7,57 мм²/мм, осьовий момент інерції – 2387 мм⁴/мм та момент опору – 85,2 мм³/мм. Металеві конструкції виготовлені із сталі СтЗсп. Вертикальний діаметр споруди становить 4,0 м, а горизонтальний 5,0 м.

Ґрунтова засипка навколо металевих гофрованих конструкцій засипана із щебенево-піщаної

суміші. Крупність максимального заповнювача складає 50 мм. Фізико-механічні параметри засипки наступні: питома вага $22,5 \text{ кН/м}^3$, модуль Юнга 110 МПа, коефіцієнт Пуансона – 0,27, коефіцієнт зчеплення – 5 кПа та кут внутрішнього тертя – 37 град.

Оцінювання напружено-деформованого стану виконано у програмному комплексі скінченно-елементного моделювання Plaxis. Результати розподілу деформацій у транспортній споруді із металевих гофрованих конструкцій наведено на рис. 2.

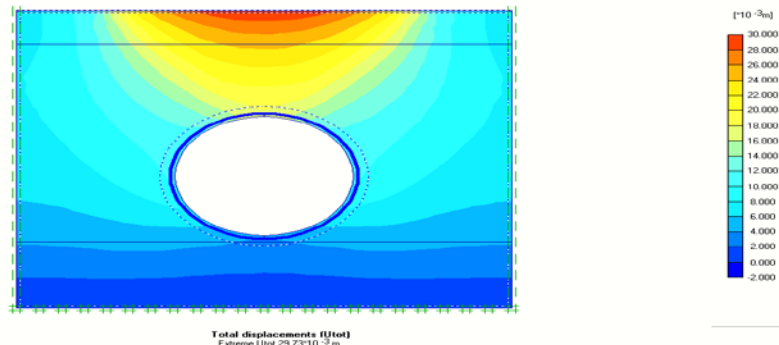


Рис. 2. Деформований стан транспортної споруди із металевих гофрованих конструкцій

Максимальні вертикальні деформації ґрунтової засипки виникають у склепінню споруди і вони становлять 29,73 мм, а максимальні горизонтальні – 14,25 мм. Величина прогину металевих конструкцій склала 17.7 мм.

Список літератури

1. Онищенко А. М. Напружено-деформований стан металевих гофрованих конструкцій транспортних споруд / А. М. Онищенко, В. В. Ковальчук, О. В. Федоренко, Ю. Є. Ковальчук // Промислове будівництво та інженерні споруди. – №1, 2021. – С. 24–31.
2. Стасюк Б. М. Дослідження напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій при взаємодії з ґрунтом засипки / Б. М. Стасюк, В. З. Станкевич, В. В. Ковальчук, Й. Й. Лучко // Збірник наук. праць Дніпропетровського нац. ун-ту залізн. транспорту ім. академ. В. Лазаряна «Мости і тунелі: Теорія, дослідження, практика». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 5. – С. 105–111.
3. Mechelski Czeslaw. Modelowanie mostowych konstrukcji gruntowo-powlokowych. – Wroclaw, 2008. – 205 s.
4. Ковальчук В. В. Скінченно-елементний розрахунок напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій при взаємодії із ґрунтом засипки у програмному середовищі NX NASTRAN // Вісник Львівського національного аграрного університету. – Львів, 2015. – № 16. – С. 19–25.
5. Machelski Czeslaw. Influence of live load on the soil-steel bridge / Studia Geotechnica et Mechanica. – Vol. XXVI. – No. 3–4, 2004. – p. 92–119.

RESEARCH OF THE STRESSED AND DEFORMED STATE OF METAL CORRUGATED STRUCTURES

Ihor Karnakov

Abstract. Transport structures made of prefabricated metal corrugated structures have become widely used in the countries of the European Union, the USA, Canada and other countries. They are also intensively implemented in transport construction in Ukraine. Compared to structures made of concrete or reinforced concrete, structures made of metal corrugated structures require less time and labor during construction. Protection of metal sheets of structures with a zinc coating leads to long service life. In Ukraine, constructions made of MGC are found in the form of small bridges, overpasses, transport tunnels, culverts, etc. At the same time, constructions from MGK are operated both on highways and railway tracks.

Keywords: transport facilities; metal corrugated structures; deformations.

УДК 624

Вплив дефектів залізобетонних автодорожніх мостів на вид та склад ремонтних робіт

Черниш В.М.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** Статистика показує наглядно, які головні причини виникнення деградації та руйнування елементів мостів. З цього можна зробити висновок, що на стадії проекту потрібно враховувати усі умови будівництва з використанням новітніх матеріалів та технологій та реальні експлуатаційні умови. Доцільно посилити експертний нагляд над технологіями виробництва елементів споруди як на будівельних підприємствах так і на будівельному майданчику. Найбільш руйнівними для основних елементів мосту часто є недостатня та неякісна експлуатація. На наш погляд рівень експлуатації споруд суттєво відстає від рівня проектувальних та будівельних робіт. Зосередження зусиль на підвищення рівня і якості експлуатації мостових споруд є перспективним напрямком в підвищенні надійності та довговічності мостового парку країни.*

Ключові слова: дефекти елементів залізобетонних мостів; статистика.

За останні 5-ть років інженерним колективом НДЛ надійності та довговічності мостів Національного транспортного університету виконана велика кількість обстежень і випробувань автодорожніх мостів, серед яких більшість є залізобетонні. Головною задачею таких обстежень є розробка стратегій подальшої експлуатації споруди. Виявляючи і фіксуючи багаточисельні дефекти та їх обсяги розробляються проекти поточних, капітальних ремонтів та реконструкцій [1]. Обстежуючи головні елементи мосту (мостове полотно, прогонові будови, опори, фундаменти, а також підходи до споруди) відокремлюються причини їх утворення і розвитку. Всі дефекти поділяють на чотири види:

- дефекти від помилок проектування;
- дефекти від помилок будівництва;
- дефекти від неякісної експлуатації;
- дефекти від надзвичайних ситуацій (дорожньо-транспортні пригоди, перенавантаження, пожежі, стихійне лихо).

В залежності від характеру пошкодження елемента споруди (дефект) і ступені його розвитку назначається і виконується певний ремонт [2]. За наявною практикою ремонти поділяють на наступні види:

- поточні
- капітальні;
- реконструкція.

Після проведення дослідження на близько 200 мостів, які були обстежені у Херсонській, Одеській, Миколаївській, Київській, Хмельницькій, Вінницькій, Дніпропетровській, Харківській та Тернопільській областях виявили статистику виникнення дефектів у відсотках (див. таб.1, 2, рис. 1-5).

Таблиця 1

Дефекти елементів споруди

Елемент мосту	Помилка при проектуванні (%)	Помилка при будівництві (%)	Дефекти від неякісної експлуатації (%)	Дефекти від надзвичайних ситуацій (%)
Мостове полотно			77	
Прогонова будова	1	1	7	3
Опори	2	1	5	2
Підходи		1		

Статистика експлуатаційного стану мостів в % [3]

Справний 1 стан	Обмежено справний 2 стан	Працездатний 3 стан	Обмежено працездатний 4 стан	Не працездатний 5 стан
	1	31	50	18

На Рис.1. наведено руйнування та розтріскування захисного шару бетону з оголенням та корозією арматури на нижній грані нижньої полиці балки прогону з розривом 11 струн. Дефект від неякісної експлуатації – затікання води з під тротуарного блоку по фасаду балки (міст на автомобільній дорозі Р-02 Київ-Іванків-Овруч, км 72+685 у Київській області), 2016р. Рис.1 2. Тотальне руйнування верхньої полиці балки прогону над опорою. Дефект від надзвичайних ситуацій – багаторазовий несанкціонований пропуск великого наднормативного навантаження (міст на автомобільній дорозі О 221802 Чаплинка-Новотроїцьке-Рикове, км 5+060 у Херсонській області), 2020р. Рис. 3. Вертикальна тріщина з розривом арматури вздовж стійки опори. Дефект від неякісної експлуатації – розрив стовпа опори від затікання поверхневих стоків через зруйнований деформаційний шов (міст через р.Інгулець на автомобільній дорозі загального користування місцевого значення Калініндорф – Калінінське, км 5+400 в Херсонській області), 2019р. Рис 4. Руйнування захисного шару бетону з оголенням та корозією арматури в зоні обпирання балки прогону над опорою. Дефект від неякісної експлуатації – затікання стоків через зруйнований деформаційний шов. (міст на автомобільній дорозі О 221111 /М-17/-Червоний Чабан, км 0+000 у Херсонській області), 2019р. Рис. 5. Розлом тіла масивної опори внаслідок просадки від розмиву. Дефект надзвичайної ситуації – руйнування несучої конструкції від стихійного лиха – катастрофічний паводок (міст на автомобільній дорозі С 07040 Київ-Чоп-Тишів, ПК 0+000 – ПК 2+900 у Закарпатській області), 2018р.



Рис. 1



Рис.2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

Просадка опори [4] внаслідок помилки проектування через неякісні інженерно-геологічні вишукування (міст через канал на автомобільній дорозі територіального значення Т-16-07 Ізмаїл – Кілія – Вилкове на км 37+985 в Одеській області), 2021 р. Для усунення пошкоджень несних елементів, що наведені на фото 1 та на фото 2 проектувальники передбачили заміну прогонової будови повністю. Для усунення дефекту експлуатації, який наведено на фото 3 в проекті капітального ремонту передбачено посилення стійок проміжних опор та ригелів і повна заміна мостового полотна з використанням монолітної залізобетонної плити. Усунення дефекту з фото 4 можливо не тільки при проектуванні капітального ремонту, а й при проектуванні поточного ремонту. Причини, склад та ступінь розвитку дефектів, що наведені на фото 5 та на фото 6 вимагають перебудови споруди на базі нових інженерно-геологічних вишукувань.

Список літератури

1. ДБН В.2.3-14:2006 Мости та труби. Правила проектування. Київ. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006: – 359 с.
2. Наказ №154 «Порядок проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів»./ Міністерство розвитку громад та територій України, Київ, 2013: – 22 с.
3. Настави з визначення технічного стану мостів./ ТАУ, А.І. Лантух-Лященко, П.М. Коваль, В.Б.Назаренко та ін. – К.: Логос, 2002: – 117 с.
4. Звіт з обстеження мосту через канал на автомобільній дорозі територіального значення Т-16-07 Ізмаїл – Кілія – Вилкове на км 37+985/ ДП «ДерждорНД», Київ 2021: – 62 с.

INFLUENCE OF REINFORCED CONCRETE HIGHWAY BRIDGE DEFECTS ON THE TYPE AND COMPOSITION OF REPAIR WORKS

Valentin Chernysh

Abstract. Statistics clearly show the main causes of degradation and destruction of bridge elements. From this, we can conclude that at the project stage, all construction conditions using the latest materials and technologies and real operating conditions must be taken into account. It is advisable to strengthen expert supervision over the production technologies of building elements both at construction enterprises and at the construction site. The most destructive for the main elements of the bridge is often insufficient and poor-quality operation. In our opinion, the level of operation of buildings significantly lags behind the level of design and construction works. Focusing efforts on increasing the level and quality of operation of bridge structures is a promising direction in increasing the reliability and durability of the country's bridge fleet.

Keywords: defects of elements of reinforced concrete bridges; statistics.

УДК 625.855.3

Підвищення температуростійкості та довговічності асфальтобетонних шарів за допомогою армуючих синтетичних матеріалів ADFORS GLASGRID

Гусев Д.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Експериментально підтверджено високий армуючий ефект АСМ Adfors GlasGrid. На основі натурних експериментів підтверджено, що армоване асфальтобетонне покриття працює, як єдиний багатошаровий матеріал з підвищеним загальним модулем пружності та збільшеною стійкістю до зсувних деформацій. Армування асфальтобетонного покриття армуючими синтетичними матеріалами Adfors GlasGrid дозволяє запобігти колієутворенню та значно збільшити довговічність конструкції дорожнього одягу.

Результати вимірювання прогинів армованого асфальтобетонного покриття на зупинках громадського транспорту свідчать, що застосування АСМ Adfors GlasGrid дозволяє підвищити загальну жорсткість дорожнього одягу. На підставі цих досліджень в Національному транспортному університеті розроблені Пропозиції щодо застосування армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid під верхній шар асфальтобетонного покриття на об'єктах середнього ремонту вулично-дорожньої мережі м. Києва. Армування асфальтобетонного покриття на Південному мостовому переході через річку Дніпро у місті Києві свідчить, що застосування АСМ Adfors GlasGrid дозволяє значно збільшити довговічність асфальтобетонного покриття та забезпечити його багаторічну роботу без появи тріщин, колійності та інших видів руйнувань та деформацій. Практичний досвід доводить, що впровадження сучасних технологій застосування армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid дозволяє значно збільшити тріщиностійкість, колієстійкість та довговічність асфальтобетонних шарів автомобільних доріг, автодорожніх мостів та шляхопроводів.

Ключові слова: асфальтобетонні шари автомобільних доріг; колієстійкість; температурна тріщиностійкість; довговічність; армуючі синтетичні матеріали.

Серед інших дефектів дорожнього одягу з асфальтобетонними шарами одними із найбільш поширених є утворення колійності за високих температур в результаті пластичного деформування асфальтобетону від повторних проїздів автомобільних коліс (восокотемпературне пластичне деформування), а також тріщини, які утворюються за понижених температур від дії горизонтальних нормальних розтягуючих напружень в результаті згину при транспортних навантаженнях та коливань температури (низькотемпературне тріщиноутворення). Така недостатня температуростійкість асфальтобетонних шарів в усьому діапазоні температур під час експлуатації

провокує прискорену руйнацію всієї конструкції дорожнього одягу, веде до непередбачених витрат ресурсів на ремонти і, крім зниження комфортності проїзду, є причиною зниження безпеки руху. Аналіз відомих досліджень свідчить, що утворення колії неприпустимої глибини становить від 20 до 35% усіх причин зниження транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг. У ряді країн встановлені нормативні межі допустимої глибини колії, а також допустимої товщина води в колії. Встановлено, що при високих швидкостях руху та швидкому виході з колії ризик виникнення ДТП перевищує нормативне значення при глибині колії близько 15–17 мм. Така колія, як правило, може з'явитися в асфальтобетонному покритті вже на 3–5-й рік експлуатації. Також тріщиноутворення веде до низки відомих негативних явищ, що також суттєво впливає на зменшення довговічності автомобільних доріг. Особливо актуальним вирішення проблеми підвищення температуростійкості асфальтобетонних шарів є для міських вулиць та доріг на зупинках громадського транспорту, перехрестях, перед світлофорними переходами та на правих крайніх смугах руху мостів та шляхопроводів.

Дослідженнями підвищення температуростійкості асфальтобетонних шарів дорожнього одягу та розробленням методів підвищення їх довговічності займалися багато видатних вчених в нашій країні та закордоном. Розроблено ряд заходів регулювання складу асфальтобетону, однак деякі з них впливають або лише на підвищення стійкості до високотемпературного пластичного деформування, або лише на підвищення низькотемпературного тріщиноутворення. У той же час сучасний світовий досвід свідчить, що застосування армуючих синтетичних матеріалів (АСМ) для армування асфальтобетонних шарів дозволяє запобігти як передчасному колієутворенню за рахунок колієстримуючого ефекту, так і тріщиноутворенню за рахунок підвищення механічних характеристик. Все це дозволяє отримати додаткові способи значного збільшення довговічності дорожніх одягів автомобільних доріг, міських вулиць та доріг, мостів та шляхопроводів.

Мета роботи

Забезпечення колієстійкості та тріщиностійкості асфальтобетонних шарів за допомогою армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid і за рахунок цього підвищення довговічності дорожнього одягу.

Досягнення поставленої мети направлено на вирішення комплексної проблема, яка досягається як в процесі конструювання та розрахунку конструкції дорожнього одягу, підбору оптимальних складів асфальтобетонних сумішей, в'язучих та бітумних емульсій для підгрунтовки, так і при дотриманні технологій виконання будівельних та ремонтних робіт, а також за допомогою застосування сучасних матеріалів та технологій армування асфальтобетонних шарів армуючими синтетичними матеріалами. Повномасштабного дослідження та розроблення єдиних методів в світі поки що не існує.

В даній роботі висвітлюється практичний досвід застосування армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid® виробництва компанії “Saint-Gobain Adfors CZ” (Чехія) для підвищення колієстійкості і тріщиностійкості асфальтобетонних шарів на вулицях і дорогах міста Києва, підвищення їх довговічності і надаються практичні рекомендації по застосуванню АСМ для підвищення колієстійкості та довговічності асфальтобетонних шарів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Армуючі синтетичні матеріали Adfors GlasGrid являють собою скловолоконну високоміцну ґратку, покриту запатентованим еластомерним полімером, що дозволяє забезпечити максимально повне об'єднання із структурою асфальтобетону і досягти суттєвого армуючого ефекту. Завдяки цьому значно знижується ризик появи температурних, утомних і відображених тріщин в асфальтобетонних покриттях, та ризик колієутворення, суттєво зменшуються витрати на будівництво, ремонт та утримання автомобільних доріг та подовжується термін служби дорожнього одягу. Такі АСМ випускаються торгівельної марки Adfors GlasGrid® одним з провідних світових виробників армуючих синтетичних матеріалів французьким концерном “Saint-Gobain” та його чеським підрозділом “Saint-Gobain Adfors CZ”. Завдяки використанню найновітніших наукових і технологічних розробок та впровадженню розроблених патентів створено виробництво армуючих геограток нового покоління з унікальними властивостями [1-3] та максимально поліпшеною технологічністю застосування.

АСМ Adfors GlasGrid протестовані в провідних лабораторіях Європи і світу, а також в лабораторіях ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна» (ДерждорНДІ), Національного транспортного університету (НТУ), Київського національного університету технологій та дизайну (КНУТД).

Так теоретичними та експериментальними дослідженнями Університету штату Південна Кароліна, США встановлено [3], що армування асфальтобетонного покриття АСМ Adfors GlasGrid підвищує несну здатність конструкції дорожнього одягу, за рахунок чого збільшується опір зсувній деформації та зменшується глибина колії та площа колієутворення. Відмічається, що підвищена несуча здатність армованого асфальтобетонного покриття обумовлена опором розтягу Adfors GlasGrid, утриманням та підвищеним тертям частинок мінерального заповнювача, заблокованих в отворах геогратки Adfors GlasGrid, що є основними факторами, який впливає на зменшення колійності.

Згідно з дослідженнями [1, 2], мікротріщини можуть з'являтися в асфальтобетоні при його відносному видовженні 2%. Таке видовження є граничним для геограток зі скловолокна Adfors GlasGrid, тому вони сприймають на себе практично усе розтягуюче навантаження, в той час, як АСМ з інших матеріалів продовжують розтягуватися та сприймають тільки близько 25-30% навантаження. Усе інше розтягуюче навантаження змушений приймати на себе асфальтобетон, тому в ньому раніше виникнуть тріщини. При цьому не має різниці, чим викликане розтягуюче навантаження – зниженням температури асфальтобетонного шару (температурні напруження) чи дією транспорту (напруження від розтягу при прогині).

Армування асфальтобетонних шарів АСМ з більшим армуючим ефектом дозволяє підвищити загальний модуль пружності конструкції дорожнього одягу та знизити прогини поверхні від проїздів транспортних засобів.

Дослідження НТУ підтвердили високу армуючу здатність АСМ Adfors GlasGrid, про що свідчить те, що розрахункові характеристики армованого асфальтобетону значно перевищують характеристики такого ж неармованого асфальтобетону. При цьому, жорсткість каркасу геограток Adfors GlasGrid при підвищених літніх температурах, коли асфальтобетон стає пластичним і проявляє в'язко-пружно-пластичні властивості, дозволяють запобігти виникненню зсувних деформацій. Покриття міцної ґратки еластомерним полімером забезпечує відмінну адгезію геограток до асфальтобетонних шарів та відмінну адгезію асфальтобетонних шарів між собою [2, 3]. Все це разом призводить до того, що армоване асфальтобетонне покриття працює, як єдиний багатошаровий матеріал з підвищеним загальним модулем пружності та збільшеною стійкістю до зсувних деформацій. В результаті, армування асфальтобетонного покриття армуючими синтетичними матеріалами Adfors GlasGrid дозволяє запобігти колієутворенню та значно збільшити довговічність конструкції дорожнього одягу.

Дослідно-експериментальні дослідження влаштування армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid при ремонті асфальтобетонного покриття на зупинках громадського транспорту підтвердили ці висновки. Щорічні польові обстеження свідчать, що відремонтовані асфальтобетонні покриття на зупинках громадського транспорту працюють без появи колії вже більше 3 років. При цьому на ділянках, де армування не застосовувалось, стан покриття погіршився настільки, що в 2021 році був виконаний середній ремонт.

На підставі цих досліджень в НТУ розроблені Пропозиції щодо застосування армуючих синтетичних матеріалів Adfors GlasGrid під верхній шар асфальтобетонного покриття на об'єктах середнього ремонту вулично-дорожньої мережі м. Києва. Аналіз результатів досліджень дозволив запропонувати застосування армуючих синтетичних матеріалів під верхнім шаром асфальтобетонного покриття товщиною не менше 6 см. Відмічається, що це сприятиме забезпеченню суцільності покриття та підвищенню його стійкості до колієутворення при комплексній дії розтягуючих і дотичних напружень від транспортних навантажень та коливань температури. Така практика в умовах гострого дефіциту ресурсів на своєчасні та повноцінні ремонти є об'єктивною реальністю і цілком оправдана у зв'язку з тим, що за останні роки відбулося значне збільшення інтенсивності руху та параметрів транспортного навантаження, спостерігаються часті затори.

Такий же самий ефект спостерігається при застосуванні АСМ Adfors GlasGrid для армування асфальтобетонних покриттів автодорожніх мостів. Досвід армування асфальтобетонного покриття на Південному мостовому переході через річку Дніпро у місті Києві свідчить, що застосування АСМ Adfors GlasGrid дозволяє значно збільшити довговічність асфальтобетонного покриття та забезпечити його багаторічну роботу без появи тріщин, колійності та інших видів руйнувань та деформацій.

Досвід застосування армуючих синтетичні матеріали Adfors GlasGrid на різних об'єктах м. Києва та України підтвердив їх ефективність.

Список літератури

1. GlasGrid for asphalt overlays. Adfors Saint-Gobain Summary Report – 2020. – 26 p.
2. GlasGrid® for asphalt overlays. Adfors Saint-Gobain Technical Manual – 2020. – 41 p.
3. Y. R. Kim, Y. Lee. Evaluation of geosynthetics and GlasGrid for rutting prevention in asphalt pavement. Final Report submitted to Saint-Gobain Technical Fabrics. – North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA – 2006. – 21 p.

INCREASING THE TEMPERATURE RESISTANCE AND DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE LAYERS WITH THE HELP OF ADFORS GLASGRID REINFORCING SYNTHETIC MATERIALS

Dmytro Husev

Abstract. *The high reinforcing effect of Adfors GlasGrid AFM has been experimentally confirmed. On the basis of field experiments, it has been confirmed that the reinforced asphalt concrete pavement works as a single multilayer material with an increased overall modulus of elasticity and increased resistance to shear deformations. Reinforcement of the asphalt concrete pavement with Adfors GlasGrid reinforcing synthetic materials prevents rutting and significantly increases the durability of the road surface structure.*

The results of measuring the deflections of the reinforced asphalt concrete pavement at public transport stops show that the use of Adfors GlasGrid ACM allows to increase the overall rigidity of the road surface. On the basis of these studies, the National Transport University has developed Proposals for the use of Adfors GlasGrid reinforcing synthetic materials under the top layer of asphalt concrete pavement at objects of medium repair of the street and road network of Kyiv. The reinforcement of the asphalt concrete pavement on the Southern bridge crossing over the Dnipro River in the city of Kyiv shows that the use of Adfors GlasGrid ACM allows you to significantly increase the durability of the asphalt concrete pavement and ensure its long-term operation without the appearance of cracks, rutting and other types of destruction and deformation. Practical experience proves that the introduction of modern technologies for the use of Adfors GlasGrid reinforcing synthetic materials allows to significantly increase the crack resistance, rutting resistance and durability of asphalt concrete layers of highways, highway bridges and overpasses.

Keywords: *asphalt concrete layers of highways; rutting resistance; temperature crack resistance; durability; reinforcing synthetic materials.*

УДК 69.07; 693.556; 69.057.51; 69.057.59

Експериментальні дослідження плит проїзної частини мостів з залізобетонними незнімними опалубками

Кот Д.В., Риковець О.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** Використання залізобетонних плит як незнімної опалубки та включення їх в сумісну роботу плити проїзної частини мостів дозволяє забезпечити високу технологічність виробничих процесів на стадії зведення плити, міцність та жорсткість плити на стадії експлуатації.*

Розроблена методика розрахунку таких плит та розрахунково-аналітичної системи, що базується на цій методиці, дозволить полегшити задачу проектування та розрахунку плит проїзної частини із залізобетонною незнімною опалубкою.

Ключові слова: *плита проїзної частини; незнімна опалубка; транспорт; будування.*

Перспективним напрямком в монолітному мостобудуванні є використання різних типів незнімної опалубки. Проте їх використання на сьогодні мало досліджене. Вивчивши досвід використання незнімних опалубок запропоновано провести випробування серії зразків для визначення придатності до подальшої експлуатації того чи іншого варіанту, крім того дослідження сумісної роботи плит незнімної опалубки в складі об'єданого перерізу плити проїзної частини.

В Україні, в другій половині ХХ століття переважна більшість прогонових будов автодорожніх мостів (близько 95%) будувалося із збірною залізобетону. Це було обумовлено вимогою індустріалізації будівництва у СРСР, що передбачало якраз максимальне використання збірних конструкцій. Тому плити проїзної частини мостів мали значну кількість поздовжніх стиків. В процесі експлуатації плити проїзної частини мостів зазнають безпосередньої динамічної дії тимчасового навантаження та впливу агресивного середовища. Досвід експлуатації збірних залізобетонних прогонових будов мостів показав, що в їх плитах виникає значна кількість дефектів, обумовлених наявністю стиків.

В результаті випробувань встановлено, що включення незнімних залізобетонних опалубок в сумісну роботу плити проїзної частини мостів дозволяє підвищити міцність та жорсткість плити на стадії експлуатації

Використання залізобетонних плит як незнімної опалубки дозволяє забезпечити високу технологічність виробничих процесів на стадії зведення плити, що дає відчутну економію в затратах на спорудження конструкцій плити проїзної частини [1-3].

Мета роботи

Мета роботи полягає в дослідженні роботи типових конструкцій плит проїзної частини мостів з залізобетонними незнімними опалубками, можливості їх застосування, та роботи контактної шви між збірними елементами та монолітним бетоном.

Виклад основного матеріалу дослідження

Об'єктом досліджень є залізобетонна плита проїзної частини моста, влаштована по залізобетонній незнімній опалубці. Досліджуються п'ять серій залізобетонних зразків, які відрізняються між собою конструкцією та армуванням. Також окремо випробовувались тільки збірні плити незнімної опалубки, які використовуються для кожної серії.

Прийняті серії плит проїзної частини:

- ПМ-1, де плита опалубки не включена в сумісну роботу;
- ПМ-2, де плита опалубки включена в сумісну роботу, а робоча арматура збірно-монолітного перерізу плити проїзної частини є робочою арматурою плити опалубки;
- ПМ-3, така сама, як і ПМ-2, проте в якості робочої арматури використані попередньо-напружені канати;
- ПМ-4, де в якості плити опалубки використовується плита з просторовим армуванням;
- ПМ-5, де в якості плити опалубки використовуються ребристі збірні плити.

Всі збірні елементи виготовлялись на заводі залізобетонних конструкцій ТОВ «Бетон Комплекс». Випробування проводились в цеху ДП «НДІБК». Плити випробовувались на одноразовий згин. Метою випробувань було визначення несної здатності вищевказаних конструкцій, а також визначення прогинів та напружень в бетоні та арматурі. За навантажувальний пристрій правили 50-ти тонні гідравлічні домкрати у комплекті з насосною станцією. При випробуванні проводили визначення прогинів плити під навантаженням. Ширину розкриття тріщин визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2 із ціною поділки 0,05 мм. Вимірювання проводили на кожній ступені навантаження з моменту появи тріщин. Проводили фіксацію ширини розкриття “старих” тріщин, їх розвитку та положення, а також появи “нових” тріщин на кожній ступені навантаження. Рівень навантаження контролювався показами манометра насосної станції.

Чудові результати показали плити ПМ-2, ПМ-4 та ПМ-5. Що стосується плит ПМ-1, то в якості армування звичайних плиток опалубки необхідно все ж використовувати арматуру того ж класу, що і арматуру монолітної плити проїзної частини. Що стосується використання попередньо напружених канатів, то їх використання теж обмежене, враховуючи малу зону анкерування при невеликих прогонах плиток.

На основі результатів експериментальних досліджень розроблена методика розрахунку плит проїзної частини із залізобетонною незнімною опалубкою.

Список літератури

1. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування. – К: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006.
2. ДБН В.2.3.-26:2010. Мости та труби. Правила проектування. – К: Мінрегіонбуд України, 2011.
3. Кот Д.В., Коваль М.П. Незнімна залізобетонна опалубка для плит проїзної частини мостів Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 93. - К.: НТУ, 2015

EXPERIMENTAL STUDIES OF SLABS OF ROADWAYS OF BRIDGES WITH REINFORCED CONCRETE FIXED FORMWORKS

Dmytro Kot, Oleksiy Rykovets

Abstract. *The use of reinforced concrete slabs as a fixed formwork and their inclusion in the combined work of slabs of the carriageway of bridges allows to ensure high manufacturability of production processes at the stage of slab erection, strength and rigidity of the slab at the stage of operation. The developed method of calculating such slabs and the calculation-analytical system based on this method will facilitate the task of designing and calculating roadway slabs with reinforced concrete fixed formwork.*

Keywords: *road slab, fixed formwork; transport; construction.*

УДК 624.014.27-422.12:624.21:625.745.2

Технологія ремонту будівництва мостів та труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій

Здольнік О.В., Онищенко А.М.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. *Наведений метод «гільзування» труб та малих мостів з використанням металевих гофрованих конструкцій є перспективним у плані ремонту аварійних споруд, що буде економічно доцільним та зменшить термін виконання робіт. Завдяки різноманітності форм МГК (рис.1) використання їх для гільзування має значну перевагу, адже є можливість підібрати найбільш подібну конструкцію, найчастіше використовують круглий, арковий, з плоскою основою перерізи.*

Ключові слова: *штучні споруди; металеві гофровані конструкції; труби; гільзування; ремонт.*

На протязі останніх декілька десятків років за кордоном та зокрема у нашій країні активно застосовують металеві гофровані конструкції для ремонту та будівництва малих мостів та труб. Сфера використання металевих гофрованих конструкцій (далі - МГК): водоперепускні труби, малі мости, пішохідні переходи, автомобільні та залізничні тунелі, біопереходи, скотопрогони, комунікаційні тунелі. Основними перевагами МГК є:

По-перше, це адаптація споруд з МГК. Вони мають високу пристосовність до ґрунтових умов, що змінюються, та мають підвищену сейсмостійкість і опір до руйнування. Використання різних марок сталей дозволяє застосовувати їх при низьких температурах.

По-друге, це довговічність. Використання різних антикорозійних покриттів дозволяє сертифікувати МГК на термін до 75 років.

По-третє, їх транспортабельність. Виготовлення МГК із стандартних гофрованих листів можливе у заводських умовах і дозволяє транспортувати в будь-яке місце конструкції будь-яких розмірів. Бетонні труби через складності при транспортуванні у заводському виготовленні можуть бути тільки до 3 метрів. Вартість транспортування МГК у 10-15 разів нижча порівняно з транспортуванням залізобетонних труб.

По-четверте, це зручність монтажу. Швидкість виготовлення споруд із МГК у 5-7 разів вища у порівнянні з використанням бетонних конструкцій. При їх влаштуванні не потрібне використання складної і дорогої техніки. Крім того, монтаж і будівництво споруд із МГК може вестися в зимовий період, що, як правило, утруднено при використанні бетону, можливий монтаж без припинення руху транспорту.

По-п'яте, це їх економічність. Як показав вітчизняний та закордонний досвід будівництва, застосування МГК у дорожньому будівництві дозволяє зменшити витрати на спорудження об'єктів, як правило, на 30-40 %. [2]

По-шосте, різноманітний вибір перерізів (рис.1).

Зниженої висоти		Арки коробового перерізу	
Круглі, близькі до круглих (еліптичність 5 %)		З плоскою основою	
Арка		Горизонтальний еліпс	

Рис.1. Перерізи металевих гофрованих конструкцій [1]

У наш час значна кількість штучних споруд на дорогах загального користування перебувають у обмежено працездатному стані, тому що більшість об'єктів було збудовано 40-50 років тому, а деякі ще більше, внаслідок збільшення інтенсивності, навантаження, відсутності своєчасної експлуатації, спливає проектний термін служби елементів споруд. Тому постає питання відновлення або ремонту споруд. Демонтувати та збудувати заново – це досить економічно не вигідно та трудомістко, тому можливо використати метод «гільзування» для відновлення аварійних споруд (водоперепускних труб, малих мостів).

«Метод гільзування» - це технологія ремонту існуючого об'єкта. Ремонт і укріплення аварійних залізобетонних конструкцій шляхом гільзування передбачає встановлення всередині пошкодженої конструкції гільзи — труби або арки з гофрованого металу в якості опалубки. Простір між гільзою й аварійною конструкцією заповнюється бетоном, можливо, як заповнювач, використати і піщані суміші. Важливим є щільне заповнення вільного простору без утворення

повітряних порожнин для забезпечення спільної роботи. В результаті отримуємо жорстку двошарову конструкцію, здатну простояти без ремонту до 100 років! Традиційно гільзування застосовується для реконструкції водоперепускних труб під насипом автомобільної дороги або залізниці. Роботи проводяться без розбирання насипу і зупинки руху транспорту, що пришвидшує термін виконання робіт.

Зустрічаються випадки, коли при посиленні об'єктів необхідно їх подовження. При цьому виникає необхідність спорудження насипу, який влаштовують на подовжені ділянки МГК або труб. Таке рішення дає можливість подальшого подовження об'єкта після зняття насипу над вхідною та вихідною частиною об'єкта, який ремонтується.

Існують декілька способів монтажу МГК всередині об'єкта, який необхідно подовжити:

- 1) монтаж безпосередньо всередині об'єкта, який необхідно подовжити;
- 2) частковий монтаж поза об'єктом, який необхідно подовжити та введення елементів подовження всередину об'єкта, який подовжується, та з'єднання їх там;
- 3) повне попереднє складання поза об'єктом, який необхідно подовжити, та введення готової конструкції всередину нього.

Вибір способу монтажу залежить від доступності монтажного простору під об'єктом, поблизу об'єкта, який необхідно подовжити, та економічними витратами на виконання монтажу.[2]

Розглянемо приклади гільзування з використанням МГК на території нашої країни[3].



Рис.2. Ремонт аварійного мосту с. Дзигівка, Вінницька область



Рис.3. Гільзування мосту на автомобільній дорозі Знамянка – Луганськ – Ізварине

Мета методу гільзування полягає в створенні на виробництві конструкції, яка з максимальною точністю повторює габарити і форму споруди, що підлягає ремонту, але з забезпеченням проміжку між оболонками не менше ніж 20 см, для заповнення бетонним розчином. До переваг гільзування треба віднести: короткий час будівництва, можливий монтаж без припинення руху транспорту та влаштування об'їзду, низькі транспортні витрати з доставки, установка конструкцій круглий рік, тривалий термін служби.

Список літератури

1. ВБН В.2.3-218-198:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007.
2. Посібник до ВБН В.2.3-218-198:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007
3. «Збірні металеві гофровані конструкції» Довідкові, рекламні видання та прайс – листи фірми ТОВ «ВІАКОН УКРАЇНА».

TECHNOLOGY OF REPAIR AND CONSTRUCTION OF BRIDGES AND PIPES USING METAL CORRUGATED STRUCTURES

Oleksandr Zdolnik, Artur Onishchenko

***Abstract.** The given method of "casing" pipes and small bridges using metal corrugated structures is promising in the plan of repairing emergency structures, which will be economically expedient and reduce the duration of work. Due to the variety of forms of MHC (Fig. 1), their use for sheathing has a significant advantage, because it is possible to choose the most similar design, most often they use round, arched, flat-based cross-sections.*

***Keywords:** artificial structures; metal corrugated structures; pipes; sheathing; repair.*

УДК 624.131.69.059.7

Оцінювання технічного стану мостів в результаті непередбачених проєктом обставин

Ружицький О.Б., Найдьонова З.М.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** У роботі запропоновано підхід до визначення експертного оцінювання моста в цілому з урахуванням дефектів, які виникли в результаті непередбачених проєктом обставин, що призвели до переходу споруди до 5-го експлуатаційного стану. На відміну від методики, наведеної у ДСТУ, автори пропонують змінити діапазон балів експертного оцінювання з $\Delta E=40-20$ за ДСТУ на $\Delta E=40-0$. Це дасть змогу за допомогою коефіцієнтів K , які характеризують вплив від частки пошкоджених елементів на експертне оцінювання, ефективно оцінити загальний ступінь руйнації споруди та можливості прийняття рішень щодо характеру проведення ремонтних, відновлюваних робіт або побудови нової споруди.*

***Ключові слова:** експертне оцінювання; експлуатаційні стани; дефекти; пошкодження; відновлення; деградація; реконструкція; капітальний ремонт.*

У період військового стану в Україні дорожня інфраструктура відіграє значну роль в організації забезпечення матеріальними ресурсами ЗСУ, народного господарства та населення України. В той же час транспортні споруди на дорогах, та й сама дорога, зазнали значних руйнувань внаслідок воєнних дій. Для прийняття обґрунтованого рішення, прискорення процесу відновлення транспортної інфраструктури, було б доцільно розробити обґрунтовані алгоритми для проведення ремонтування споруд на дорогах. Пропонується використання нижченаведеної характеристики експертного оцінювання експлуатаційного стану споруди. Тому визначення експлуатаційного стану мосту з урахуванням дефектів, що виникли в наслідок військових дій та експлуатування, а також необхідність проведення експертного оцінювання об'єкта станом на сьогодні, є актуальною та вкрай важливою задачею.

Мета роботи

Для надання формалізованого підходу визначенню інтегрального експертного оцінювання стану споруди, яку було піддано зовнішньому впливу від військових дій, для ранжування мостів у рамках певної класифікації споруд щодо фактичних показників руйнації споруди, пропонується

взяти за основу методику, яку наведено в ДСТУ 9181:2022 Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.

Це дозволить більш раціонально планувати видатки на ремонткування, реконструювання або будівництва нового моста, розставити пріоритети серед запропонованих варіантів відновлення, а також визначити можливості для проведення ремонтних робіт за певними схемами.

Викладення основного матеріалу дослідження

Експлуатаційне оцінювання моста в цілому є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності всіх його елементів за станом. Визначення експлуатаційного стану моста збігається з визначенням експлуатаційного стану елементів споруди [2].

На першому етапі оцінювання споруду пропонується умовно поділити на дві частини. Одна частина споруди – це частина, яка зазнала зовнішнього впливу безпосередньо від військових дій і має значні пошкодження та певну руйнацію. Інша частина - частина споруди, яка залишилась неушкодженою, або зазнала часткових уражень, але наявні ушкодження незначною мірою впливають на роботу конструкції в цілому.

Як зазначено в ДСТУ 9181, загальний експлуатаційний стан споруди класифікують як найнижчий із показників експлуатаційних станів його визначальних елементів: прогонових будов, опор, фундаментів. До невизначальних елементів відносяться елементи проїзної частини, підходи, підмостове русло, регуляційні споруди. У випадку, коли один або декілька елементів невизначальної групи знаходяться у непрацездатному стані (стан 5), а елементи визначальної групи (прогонові будови, опори, фундаменти) – вище стану 5 (непрацездатний), вважається, що споруда в цілому знаходиться в обмежено працездатному стані (стан 4). Таке оцінювання застосовується для споруд, що отримали пошкодження в процесі природної деградації. При проведенні військових дій руйнації можуть зазнати всі елементи споруди, але, як відмічено вище, вирішальна роль при визначенні загального стану споруди надається стану визначальних елементів.

Ураховуючи, що частину визначальних елементів може бути зруйновано, пропонується частку зруйнованих визначальних елементів знаходити за таким алгоритмом. Для зруйнованих прогонових будов визначати її як частку від ділення довжини зруйнованих прогонових будов на повну сумарну довжину прогонових будов мосту. Для зруйнованих опор та фундаментів – як частку від ділення кількості зруйнованих опор або фундаментів на сумарну кількість опор або фундаментів мосту відповідно.

Частку незруйнованих визначальних елементів пропонується знаходити аналогічно.

Відповідно до положень вищевказаного нормативного документу експертну експлуатаційну оцінку технічного стану споруди, яка знаходиться у 5 експлуатаційному стані, визначають у межах безрозмірних коефіцієнтів у діапазоні $40 \div 20$ балів. Такий діапазон не дозволяє ефективно оцінити загальний ступінь руйнації споруди та можливості прийняття рішень щодо характеру проведення ремонтних, відновлюваних робіт або побудови нової споруди. Тому пропонується цей діапазон змінити на $40 \div 0$ балів. Це дозволить більш ефективно планувати відновлювальні роботи в залежності від ступеню руйнації споруди.

Відновлювальні роботи пропонується розділити на три групи: споруда зазнала значних руйнувань і відновлення її недоцільно ($E = 0 \div 15$ балів); споруда зазнала значних руйнувань і відновлення її можливе з урахуванням економічної доцільності ($E = 16 \div 30$ балів); споруда зазнала незначних руйнувань і відновлення її економічно обґрунтовано ($E = 31 \div 40$ балів).

Проведення експертного оцінювання експлуатаційного стану групи елементів які залишились неушкодженим, або зазнали часткових уражень виконується за ДСТУ[1].

Експертну оцінку E технічного стану споруди розраховують за формулою:

$$E = E_i - \Delta E_{ji} , \quad (1)$$

де E_i - верхня межа інтервалу зміни експлуатаційного оцінювання для i -го стану ($E_1=100$; $E_2=95$; $E_3=80$; $E_4=60$; $E_5=40$);

ΔE_{ji} - зменшення величини експертного оцінювання з урахуванням стану всіх елементів мосту, визначається за формулою[3]:

$$\Delta E_{ji} = c_j \left[\sum_{j=1}^3 \alpha_j (D_j \cdot K_{jj} - 1) + \sum_{i=1}^7 \alpha_i (D_k \cdot K_k - 1) \right] \quad (2)$$

де c_i - коефіцієнт, що визначається за формулою [1]:

$\Delta E_{i,\max}$ - максимальне зменшення величини експертного оцінювання в залежності від стану конструкції E_i ($\Delta E_{1,\max} = 5$, $\Delta E_{2,\max} = 15$, $\Delta E_{3,\max} = \Delta E_{4,\max} = 20$, $\Delta E_{5,\max} = 40$);

D_k - номер експлуатаційного стану, в якому перебуває k -та група мало пошкоджених або не пошкоджених конструктивних елементів (у даному випадку $k = \overline{1,7}$) відповідно до класифікації елементів;

D_j - номер експлуатаційного стану, в якому перебуває j -та група зруйнованих визначальних конструктивних елементів (у даному випадку $j = \overline{1,3}$) відповідно до класифікації елементів;

α_i , α_j - нормалізовані коефіцієнти впливу кожної групи елементів на технічний стан споруди в цілому. Для визначення відносних вагових коефіцієнтів впливу в роботі використано підхід заснований на методі аналізу ієрархій [3]. Ці коефіцієнти також можна знаходити за таблицями ДСТУ [1].

K_{jj} - коефіцієнт, який визначає частку зруйнованої величини одного виду визначального елемента по відношенню до загальної величини цього ж визначального елемента в споруді (у даному випадку $j = \overline{1,3}$);

K_k - коефіцієнт, який визначає частку k -тої групи мало ушкоджених або не ушкоджених конструктивних елементів (у даному випадку $k = \overline{1,7}$) по відношенню до загальної величини цього ж конструктивного елемента в споруді.

Список літератури

1. ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2022.
2. Lantoukh-Liachtchenko A.I. Reliability based Service Life Prediction of Concrete Bridge Superstructures Proceeding "EKO MOST 2006. Durable bridge structures in the environment", Kielce, 16-17 May 2006/ WARSZAWA 2006. – ISBN 83-89252-85-6: p.255-261.
3. Taha Hemdi A. Introduction to Operations Research / Hemdi A. Taha. - 7th ed., 2005. – 912 p.

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES AS A RESULT OF CIRCUMSTANCES UNFORECASTED BY THE PROJECT

Oleg Ruzhytsky, Zoryna Naydonova

Abstract. The paper proposes an approach to determining the expert assessment of the bridge as a whole, taking into account defects that arose as a result of circumstances unforeseen by the project, which led to the transition of the structure to the 5th operational state. In contrast to the methodology given in DSTU, the authors propose to change the range of expert evaluation points from $\Delta E=40-20$ according to DSTU to $\Delta E=40-0$. This will make it possible, with the help of coefficients K , which characterize the influence of the share of damaged elements on expert evaluation, to effectively assess the overall degree of destruction of the building and the possibility of making decisions about the nature of repair, restoration work or the construction of a new building.

Keywords: expert assessment; operating conditions; defects; damage; restoration; degradation; reconstruction; major repair.

УДК 625. 8/7

Підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг за рахунок армування

Федоренко О.С.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. В даній науковій роботі запропоновано метод розрахунку армованих асфальтобетонних шарів на температурну тріщиностійкість для підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу. При цьому був проведений аналіз умов роботи асфальтобетонних шарів нежорстких дорожніх одягів. На основі цього були розроблені розрахункові схеми роботи армованих асфальтобетонних шарів та встановлені аналітичні залежності для оцінки їх температурної тріщиностійкості. Удосконалено умову граничного стану армованих асфальтобетонних шарів за температурною тріщиностійкістю з урахуванням можливої зміну умов роботи асфальтобетонних шарів при їх руйнуванні. При проведенні експериментальних досліджень визначено нові термореологічні характеристики армованих асфальтобетонних шарів та одержано нові закономірності температурного розтріскування нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг. На основі теоретичних досліджень розроблені практичні рекомендації для підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних шарів за рахунок їх армування.

Ключові слова: армовані асфальтобетонні шари; армуючі сітки; температурна тріщиностійкість; в'язкопружні рішення; пружні рішення; довговічність; термореологічних паспорт матеріалів.

В результаті аналізу наукової роботи визначено, що основною причиною утворення температурних тріщин в асфальтобетонних шарах є температурні розтягуючі напруження, що виникають в результаті невідповідного скорочення їх розмірів при охолодженні та внаслідок деформування тріщинувато-блочної основи. Розроблено розрахункові схеми роботи армованих асфальтобетонних шарів нежорсткого дорожнього одягу при коливанні температури, виходячи з найбільш несприятливих умов появи горизонтальних нормальних розтягуючих температурних напружень при зміні температури.

Отримано аналітичні залежності для визначення температурних напружень в армованих асфальтобетонних шарах, з урахуванням коливання температури на протязі річного та добового циклів. При цьому враховували термов'язкопружні властивості матеріалів, що описуються функцією релаксації у вигляді степеневого модифікованого закону, функцією температурно-часової аналогії у вигляді експоненційної залежності. При визначенні напруженого стану враховували дискретну зміну умов роботи та розрахункові схеми усього пакету асфальтобетонних шарів після утворення температурної тріщини в одному із них. Розроблена умова граничного стану для оцінки довговічності пакету асфальтобетонних шарів з позиції їх температурної тріщиностійкості. Для цього було використано характеристики довготривалої міцності, що враховує часовий характер руйнування за допомогою модифікованої залежності Г.М. Бартенєва. На основі цього розроблено метод розрахунку армованих асфальтобетонних шарів на температурну тріщиностійкість, яка базувались на відомій умові граничного стану використовуючи критерій Бейлі.

$$M_T(\sigma_T(t), T(t)) = \int_0^{t_p} \frac{dt}{t^*(\sigma, T)} \leq C_T \quad (1)$$

де $M_T(\sigma_T(t), T(t))$ - міра пошкодженості асфальтобетонного шару; t_p - час до руйнування (розтріскування) асфальтобетонного шару; $t^*(\sigma, T)$ - функція довговічності асфальтобетону; $\sigma_T(t)$ - напруження в асфальтобетоні; $T(t)$ - температура асфальтобетону; C_T - граничне значення показника температурної тріщиностійкості асфальтобетону.

На основі експериментальних випробувань встановлено показники термомеханічних властивостей армованого і не армованого асфальтобетону, що використовуються в аналітичних залежностях для розрахунків на температурну тріщиностійкість. Отримано нові експериментальні

дані про вплив армуючих синтетичних сіток на температурну тріщиностійкість асфальтобетонних шарів. Встановлено, що міцність асфальтобетону (лабораторна) при застосуванні синтетичного макроармування збільшується майже у 1,5 рази, параметр втоми у 1,3 рази, що призводить до збільшення довговічності (часу до руйнування) у 20-30 разів і більше. Також встановлено, що коефіцієнт армування за довговічністю збільшується із збільшенням числа циклів охолодження і, наприклад, при 30 таких циклах він становить 4. Отримані експериментальні дані добре узгоджуються з результатами теоретичних розрахунків, а саме співставлення таких даних, отриманих теоретично з експериментальними дає гарні збіжності (рис.1).

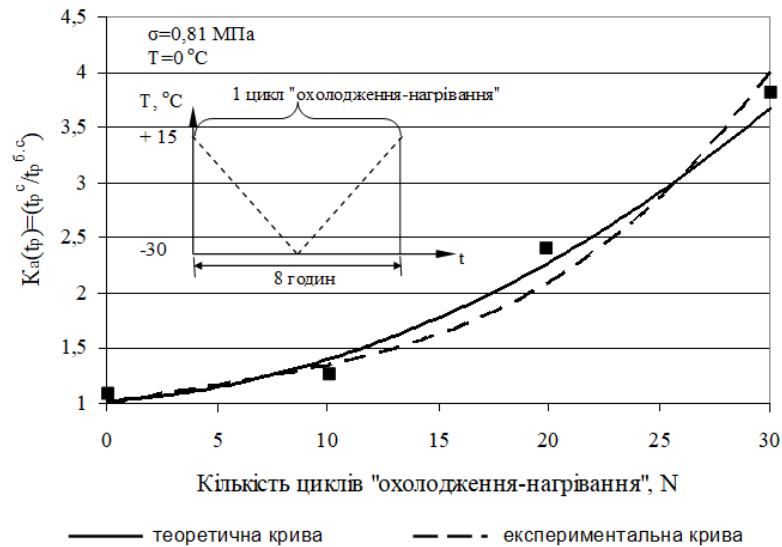


Рис. 1. Залежність показника температурної тріщиностійкості армованих шарів асфальтобетону $K_a(t_p)$ від кількості циклів охолодження-нагрівання N : ■ – середні значення експериментальних вимірювань

Розроблено методику розрахунку армованих асфальтобетонних шарів на температурну тріщиностійкість нежорсткого дорожнього одягу та розроблені прикладні програми для здійснення інженерних розрахунків. Розроблено вимоги до досліджуваних складів асфальтобетону з точки зору підвищення ефективності роботи армуючих сіток для забезпечення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних шарів. Розроблені рекомендації і здійснене практичне застосування дисертаційних досліджень при проектуванні армованих асфальтобетонних шарів в умовах України, що дозволило підвищити їх довговічність та отримати економічний ефект.

Результати наукових досліджень були впроваджені при проектуванні та улаштуванні армованих асфальтобетонних шарів на багатьох об'єктах автомобільних доріг державного і місцевого значення.

Список літератури

1. Мозговий В.В., Бесараб О.М., Іщенко О.М., Ладжинський І.С. Обґрунтування вибору умови граничного стану для оцінки тріщиностійкості асфальтобетонних шарів при дії транспортного навантаження// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2003, випуск №67. – Київ, Національний транспортний університет. – С.59-68.
2. І.С. Ладжинський, дослідження впливу армуючих сіток на температурну тріщиностійкість асфальтобетонних шарів// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2004, випуск № 70. – Київ, Національний транспортний університет. – С. 17-21.

INCREASING THE TEMPERATURE CRACK RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE ROADS DUE TO REINFORCEMENT

Oleg Fedorenko

Abstract. In this scientific work, a method of calculating the temperature crack resistance of reinforced asphalt concrete layers is proposed to increase the durability of non-rigid road surfaces. At the same time, an analysis of the working conditions of asphalt concrete layers of non-rigid road surfaces was carried out. On the basis of this,

calculation schemes for the operation of reinforced asphalt concrete layers were developed and analytical dependencies were established to assess their temperature crack resistance. The condition of the limit state of reinforced asphalt concrete layers in terms of temperature crack resistance has been improved, taking into account the possible change in the operating conditions of asphalt concrete layers during their destruction. When conducting experimental research, new thermorheological characteristics of reinforced asphalt concrete layers were determined and new regularities of thermal cracking of non-rigid road surfaces of highways were obtained. On the basis of theoretical studies, practical recommendations have been developed for increasing the temperature crack resistance of asphalt concrete layers due to their reinforcement.

Keywords: *reinforced asphalt concrete layers; reinforcing meshes; temperature crack resistance; viscoelastic solutions; elastic solutions; durability; thermorheological passport of materials.*

СЕКЦІЯ 3

«МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ, МОНІТОРИНГ І ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ»

UDC ...

STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF DAMS AND BRIDGES - A REVIEW OF TWO RECENT PROJECTS

Yuri Petryna¹, Richard Lorenz², Waldemar Elsesser³

1 – Technische Universität Berlin, Berlin, Germany,

2 – University of Applied Sciences Potsdam, Potsdam, Germany,

3 – GUD Geotechnik und Dynamik CONSULT GmbH, Berlin, Germany.

Abstract. *This contribution reviews some techniques for Structural Health Monitoring (SHM) of civil engineering structures applied within two recent projects in Central Asia and Germany. The first project called MI-DAM was dealing with the state assessment and seismic safety of a concrete gravity dam in Kurpsay, Kyrgyzstan. The long-term monitoring combined 4 different techniques, among them the GNSS sensors and the satellite-based Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique for global static deformation measurements, the fiber optical FBGS sensors for local deformation measurements inside the dam and a network of geophones for vibration monitoring. The second project called LEVANGO was directed towards the monitoring of temperature-induced deformations of a new large and curved highway bridge in Germany. At that, the InSAR technique was compared to the classical geodetic survey technique by means of a total station on site. The methods of artificial intelligence were additionally applied to compensate the lack of data and predict the deformation state. A critical overview of advantages and shortcomings of those techniques will be given in the presentation.*

Keywords: *structural health monitoring; gravity dam; highway bridge; GNSS sensors; fiber optical sensors; Interferometric Synthetic Aperture Radar technique*

Structural health monitoring experiences a growing attention in solving multiple engineering tasks especially with respect to service life and residual carrying capacity of aging infrastructure worldwide [1-2]. It could become a crucial task of engineering community in the Ukraine in the post-war time that should help to estimate the current state of partly damaged structures and to set priorities in repair and lifetime maintenance. In this context, the authors would like to share their experience in application of modern monitoring techniques within two recent monitoring projects.

The first cooperative project is called MI-DAM “Multi-parameter monitoring and risk assessment of hydro-electric dams in the Kyrgyz Republic”. It was financed by the German Federal Ministry of Education and Research in 2017-2020. The project was carried out by a consortium of 4 German partners: the GFZ - German Research Center for Geosciences, Potsdam, the Technische Universität Berlin - TUB, the Alberding GmbH, Wildau and the Airbus Defence and Space GmbH, Potsdam [3]. Local partners in Kyrgyzstan were the Central Asian Institute for Applied Geosciences (CAIAG) and the state corporation “Electrical Stations” operating all power stations in the country. MI-DAM aimed at developing, installing and testing a robust, cost-effective and flexible monitoring system for the Kurpsay Hydropower Station (HPS) in Kyrgyzstan (Fig. 1) including a multi-parameter risk assessment due to earthquakes and landslides. The concept of SHM on the Kurpsai dam within the MI-DAM project distinguished two time scales: the long-term monitoring of static deformations over hours, days, months and years and the short-term monitoring of structural response to earthquake shocks and extreme operational conditions.

The long-term monitoring included a promising combination of three various techniques. First, the absolute static displacements of the concrete blocks were measured by special GNSS sensors placed on each block on the dam crest (Fig. 1a,b). The spatial resolution of static measurements (one value per day) shall be of the order of a few millimeters. Second, the opening of the slits between concrete blocks were measured within the dam body by the fiber optical strain sensors (Fig. 1c,d). They are robust, insensitive to water and chemical conditions and exhibit no value drift even over the long time periods. Third, the dam deformation were measured by means of the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique

that is a powerful satellite-based technique to measure deformation of the objects on the earth surface. The static resolution of displacements lies within a few millimeters. The whole SHM system has been installed on site in May 2018.

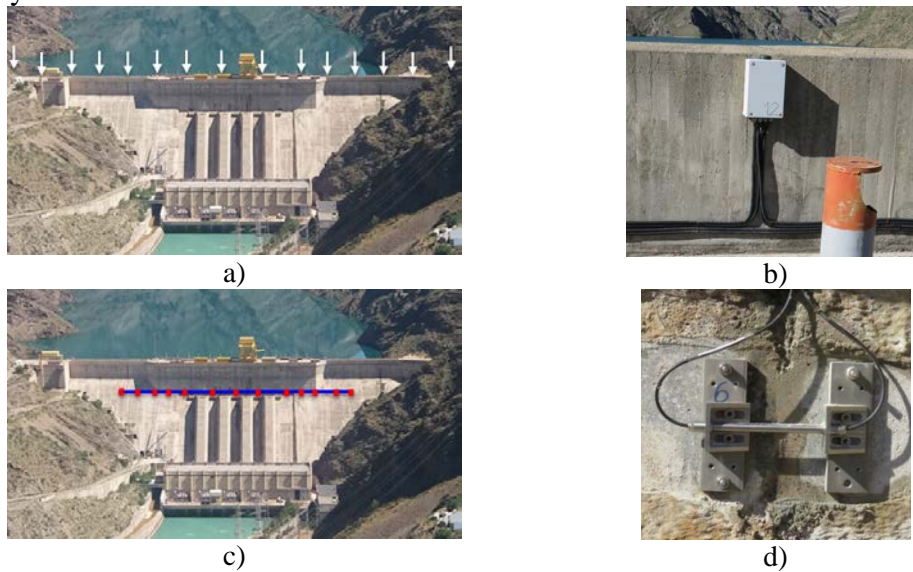


Fig. 1. Positions (a) and side view (b) of the GNSS sensors; positions (c) and the side view (d) of the fiber optical strain sensors installed on the Kurpsay dam

The static deformations measurements alone cannot provide the full information on the state of the structure. Therefore, the full-scale finite element model of the dam including surrounding hillsides has been developed to get the measurement data as an input and to provide the state prediction. The challenge was to find a proper compromise between complexity of the model and efficiency and accuracy of the predictions. In spite of voluminous design information on the dam and construction site, there are still many uncertainties with respect to material properties, constructional details, state and pre-damage of the dam. Accordingly, the computer model can be of different order of detailing, which depends on the aims of analysis and predictions. Several models have been developed within the ANSYS software which is capable to model not only the structure itself but also the soil and the water volume in the neighborhood of the dam. The FE models were then validated by the data of the operational modal analysis obtained on site. For this purpose, 9 geophones have been placed on the crest of the dam during the instrumentation campaign in May 2018. The ambient vibration measurements were used to determine the natural frequencies and vibration modes of the dam, which were directly compared to the calculated ones by use of the models. The results of the monitoring campaign and a critical analysis of techniques will be given during the conference.

The second project called LEVANGO was conducted within the national research project LEVANGO (Long-term monitoring and determination of critical structural conditions of transport routes through analysis of geodata) funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) through the Space Management of the German Aerospace Center (DLR). The focus was put on the temperature-induced deformations of the new Wehretal bridge near Kassel in Germany (Fig. 2). Such deformations are generally recognized to be a potential source of structural damage and a reason for monitoring. In this context, the goal of the project was to test the applicability of the InSAR technique for deformation monitoring of a large, curved highway bridge and to compare the obtained results with alternative measurement data of classical geodesy surveying and with the finite element simulation. Such a comparison of various measurement and simulation techniques has not been published before and promises an important insight into the accuracy, efficiency and limitations of the InSAR technique in the context of SHM. The work has been done within the cooperative project LEVANGO with 3 German partners: Airbus Defense and Space GmbH, Potsdam, Technische Universität Berlin and AllTerra Deutschland GmbH, Wunstorf. The outcomes of this work should support the realization of efficient and reliable bridge monitoring systems on a larger scale in the future. In addition, vibration monitoring and

dynamic response analysis are subject of the ongoing investigation, therefore, they are not considered in the present contribution.

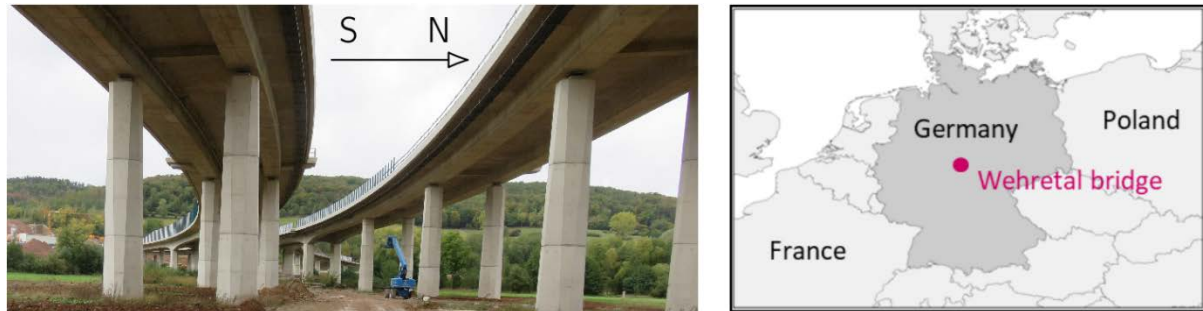


Fig. 2. View of the Wehretal bridge and its geographic location

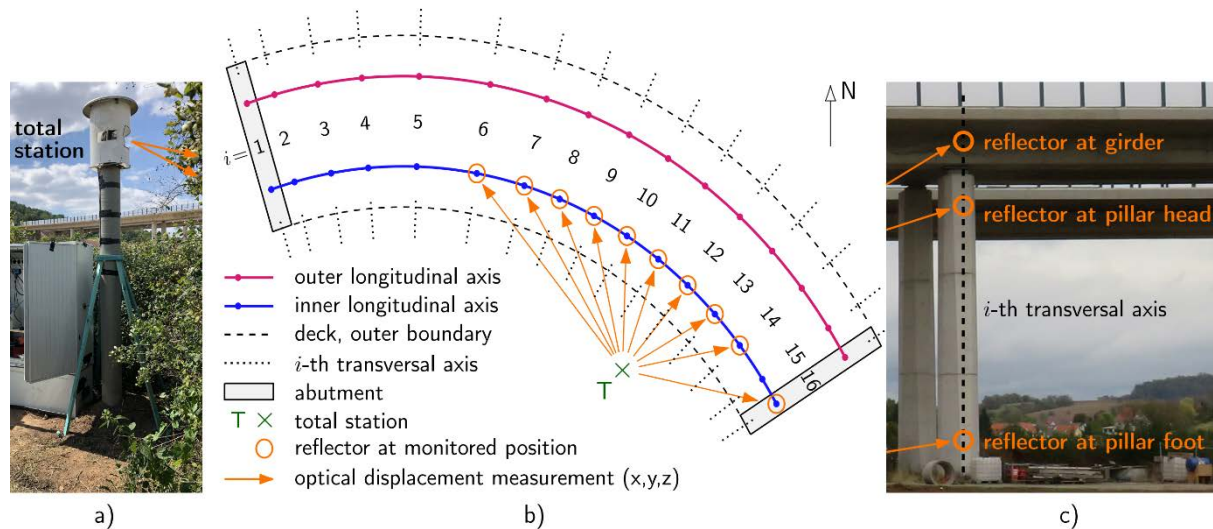


Fig. 3. Arrangement of the geodetic monitoring system; a) total station; b) bridge ground plan with positions of the total station and the observation points (reflectors); c) typical positions of reflectors in each transversal axis of the bridge

The main goal of the SHM system was to monitor static deformations of the bridge induced by the variation of environmental temperature and to evaluate the deformations with respect to critical states. The skeleton of the Wehretal bridge (Fig. 2) as a part of the federal highway A44 was completed in 2019. This highway bridge is a prestressed concrete structure with a total length of approximately 670 m and a monolithic deck laying on a series of column pairs. A special feature of the bridge is a relatively large curvature of the longitudinal axis with a constant radius of approximately 480 m. The main load bearing component of the bridge is a 15-span continuous deck as a double T-beam. This substructure also includes two abutments at each end of the bridge and 14 pairs of pillars arranged along two concentric support axes (Fig. 3). The pillars in the axes 4 to 7 are monolithically connected to the deck, the other supports possess sliding bearings that enable a longitudinal and transversal displacement of the deck with a certain friction. Due to its length and curvature, the bridge is sensitive to environment temperature variations. It is designed for a maximum deformation up to 100 cm in longitudinal direction. The normal behavior of the deck and the pillars requires a flawless operation of the sliding bearings. Otherwise, an overloading of the deck and the pillars can be expected.

Both the seasonal temperature fluctuations and the daily fluctuations as well as the corresponding deformations could be directly observed. It is worth noting that the mean temperature changes over the season are comparable to the jumps between the day and night temperatures and range between -20°C and 35°C . Sometimes extreme daily fluctuations are even larger than the seasonal average temperatures. The obtained results show a delayed correlation of temperature fluctuations and bridge deformations within pre-defined safety margins.

A comparison of alternative measurement techniques for SHM, in this case the InSAR and geodetic ones, is a challenge due to different sampling rates, measurement points and other specific features.

Nevertheless, a suitable approach has been developed and implemented for the InSAR and total station measurements, providing an important insight and new results. The present study shows that a pre-knowledge about the structure can be very important for a reliable interpretation of the InSAR measurements. In addition, a pre-knowledge allows for the selection of optimum observation scenarios given by the existing SAR sensors. A numerical model of the structure is usually essential for plausibility checks and the correct interpretation of measurement results. In combination with the measurement data flow, it can form a core of a digital twin for SHM. Useful recommendation could be formulated based on the authors' experience from the presented projects [4] that would be a topic of discussion during the conference.

References

1. Chen H.-P. (2018). *Structural health monitoring of large civil engineering structures*, John Wiley & Sons, Hoboken NJ.
2. Boller C., Chang F.K., Fujino Y. (Eds.) (2008). *Encyclopedia of Structural Health Monitoring*, 1st ed., Wiley, J, New York, NY.
3. Lauterjung J., Pilz M., Petryna Y., Boxberger T., Orunbaev S., Moldobekov B. (2018): *MI-DAM - Multi-parameter monitoring and real-time risk assessment of hydroelectric DAMs in the Kyrgyz Republic*. <https://doi.org/10.14470/6Z7563484593>.
4. Lorenz R., Petryna Y., Lubitz C., Lang O., Wegener V. (2023). Thermal deformation monitoring of a highway bridge: Combined analysis of geodetic and satellite-based InSAR measurements with structural simulations. *Structural Control and Health Monitoring*, Hindawi Ltd., UK (under review).

УДК [502.171:556]:628.356

Experimental Testing of airlift aerator

Nazarenko Ivan Ivanovych¹, Tavrel Maryna Ihorivna²

1 – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

2 – Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

Abstract. *The article is devoted to substantiation of parameters of water body aeration technology at high, as well as low, air temperatures. As a result of studies, the design of the water aerator based on a two-stage airlift has been improved. A study of its physical model has been conducted. The cost indicators of the set-up and its components have been obtained. It has been established that at various design parameters, the proposed scheme of operation allows to oxygenate water more effectively when compared to conventional design. A new type of water aerator based on two-stage airlift has been proposed. The linear dependence of the dynamics of the aerator flow rate on the supply of compressed air by the compressor, as well as the logarithmic dependence regarding the water oxygenation have been established. The indicator of effective rate, which allows for evaluating efficiency of water body oxygenation has been substantiated. The study results open the possibility of using an aerator with improved design to prevent eutrophication of water in open water and industrial reservoirs, e.g. in construction.*

Keywords: *eutrophication; aerator; airlift; water oxygenation; compressed air; compressor.*

Climatic conditions, such as warming of water above 25°C in summer and freezing in winter, contribute to the reduction of dissolved oxygen in water, which leads to the development of anaerobic biota and other negative effects. This is of considerable practical importance in various industries, like construction. The presence of 'blooming' products in the water for preparation of cement mortars leads to a deterioration of the growth conditions of crystals in concrete and, therefore, to a decrease in their strength. Therefore, the study to maintain the quality of aquatic ecosystems for the conservation of biological resources, especially of potable water, is a vital issue.

Rising temperatures and excess biogenic substances in water bodies cause the active development of blue-green algae, with their bio-mass accumulating in the coastal part and decomposing. As a result, the content of oxygen and nutrients decreases, which leads to the emergence of such processes as eutrophication and 'blooming' of water

Aeration is an effective method of solving the problem of oxygen deficiency in water to improve the conditions of the aquatic environment. Aeration of water bodies is one of the main conditions for the normal functioning of the aquatic ecosystem. It is required both in summer and in winter, since the formation of ice on the surface of the water body also reduces the content of dissolved oxygen.

Based on the analysis of known methods and means of aeration of water bodies, the creation of a set-up where water is oxygenated and its temperature is maintained not higher than 25°C is required. Furthermore, the authors hypothesized that the intensity of gas exchange between air and water in the airlift depends on the time during which the bubbles are pressurized near the bottom of the water body. To observe the limitations given, the authors proposed a scheme of an airlift aerator, which is shown in Figure 1.

The essence of the proposed technical solution is to intensify the transition of oxygen from air bubbles to water in the mixing chamber.

Experimental verification of the efficiency of water oxygenation, the dynamics of oxygenation from the compressor supply, and the design parameters of the proposed set-up was carried out by physical modelling (Fig. 2).

During the experiment on the aeration of water bodies, three options of the airlift with different sizes of the airlift column were used (Table). The laboratory set-up of the aerator airlift was connected to a *Bezan PANDA* 0.15 kW compressor with a maximum capacity of up to 23 L/min, which provided four fixed modes of air supply through the spray. The main cost indicators of the laboratory setup were evaluated.

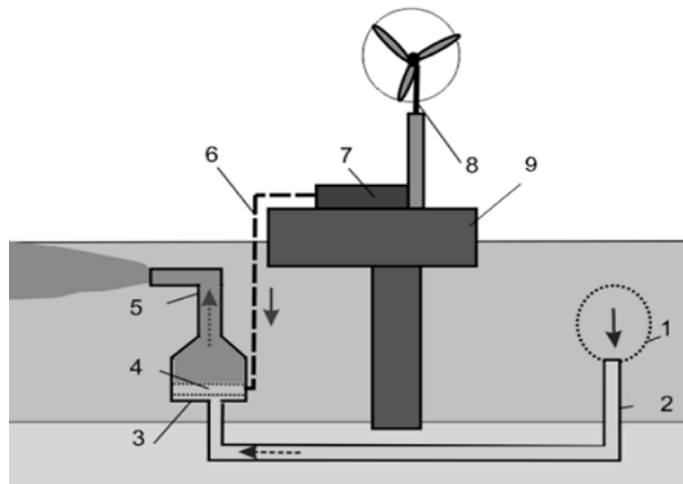


Fig 1. Schematic construction of the airlift aerator: 1 - strainer; 2 - geothermal heat exchanger; 3 - mixing chamber; 4 - spray nozzle; 5 - airlift; 6 - air duct; 7 - compressor; 8 - wind turbine; 9 - foundation

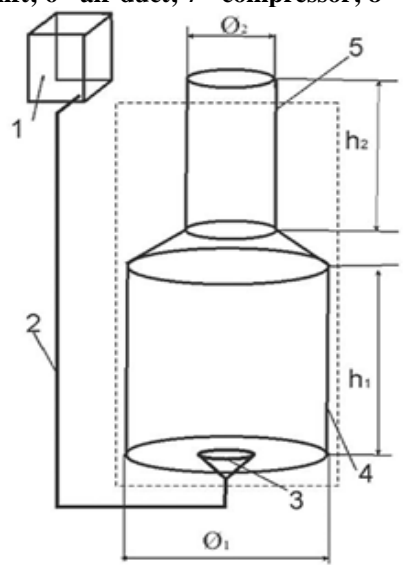


Fig 2. Scheme of the laboratory set-up: 1 - compressor, 2 - air duct, 3 - air spray nozzle, 3 - mixing chamber (diameter \varnothing_1 , length h_1), 5 - airlift column (diameter \varnothing_2 , length h_2), dotted line - transparent container filled with water

Table 1

Laboratory set-up cost indicators			
Aerolift aerator parameters	Design options		
Lower pipe diameter 0_1 , mm	30		
Lower pipe length h_1 , mm	400		
Upper pipe diameter 0_2 , mm	11		
Upper pipe length h_2 , mm	600	400	200
Consumption of air Q at different modes of compressor operation, $m^3/s \cdot 10^{-6}$	177.17		
	193.27		
	201.43		
	211.34		
Consumption of water Q_v at corresponding modes of airlift operation, $m^3/s \cdot 10^{-6}$	2.50	5.71	5.41
	6.25	7.72	22.86
	19.40	20.85	26.67
	25.90	21.91	38.09
Consumption of foam, air-water mixture Q_u at corresponding modes of airlift operation, $m^3/s \cdot 10^{-6}$	179.67	182.88	182.58
	199.52	200.99	216.13
	220.83	222.28	228.10
	237.24	233.25	249.43

Regarding the obtained hydrodynamic indicators of the aeration unit, they indicate (Table) an increase in foam production and, therefore, water supply, in proportion to the increase in compressed air flow rate. The set-up option with lower hydrodynamic resistance of the airlift column, i.e. at $h_2 = 200$ mm, provided the highest efficiency of the set-up. Increasing the length of the second stage of the set-up leads to an increase in hydrodynamic resistance.

In the set-ups with relatively high hydrodynamic resistance, namely when the length of the airlift column is longer than the length of the mixing chamber, at $h_2/h_1 > 1$, the velocity of air bubbles in the mixing chamber is lower than at $h_2/h_1 < 1$, which determines greater efficiency in the third option. In the airlift column, the greater length of the second stage determined the greater ejection effect, therefore, the velocity of air bubbles was the highest. It is not obvious that an increase in the geometric dimensions of the airlift columns determines a reduction in the time of contact of air with water; according to the accepted hypothesis, this may determine a decrease in mass transfer in the airlift column. Therefore, at the ratio $h_1/h_2 = 1:1.5$, the velocity is lower in the first stage and the velocity is increased in the second stage. At the ratios $h_1/h_2 = 1:1$ and $h_1/h_2 = 2:1$, the opposite effect is observed. To ensure oxygenation, it will be more effective to use the ratio of the lengths of the pipes where the wide part will be shorter, i.e. close to the ratio $h_1/h_2 = 2:1$. Under these conditions, the air bubbles will travel in the first stage of the airlift longer, which will provide better air exchange of water with air, and thus create an effective oxygenation.

Based on the received dependences, it is possible to come to a conclusion that efficiency of the set-up depends on air supply, and the ratio of velocities is defined by geometrical parameters of the design. The total time of movement of air bubbles in two stages of the set-up is also determined by both the design parameters of the set-up and the volume of compressed air supply by the compressor. Moreover, there is an inverse linear relationship, when an increase in air flow rate leads to a reduction in contact between water and air.

The problem which consists of a certain contradiction between reduction of time of interaction of air with water and quantity of the foam formed by the set-up has been outlined. It is proposed to use the indicator of effective rate $0 = Q_y/t$, which allows for evaluating the amount of water in contact with the air in the set-up per unit of time (Fig. 3). The best results were obtained with the set-up third option with a small upper stage, in the other two they were almost identical and by 3-3.7 times smaller. It should be noted that qualitatively the picture of efficient rate is similar to the velocities of bubbles in the mixing chamber.

Conducting an experiment on the efficiency of oxygenated confirmed the feasibility of operating with an efficiency rate of 'O' to select a more efficient design option, especially in the initial, aeration period up to 10, min. The best performance was shown for the set-up third option (Fig. 4).

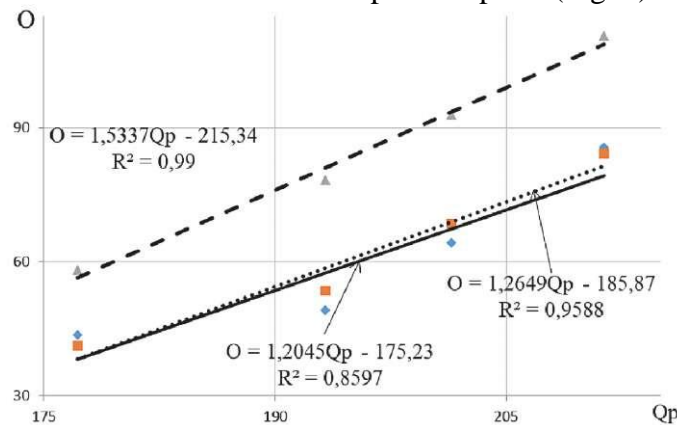


Fig. 3. Effective set-up rate (O) when changing the operating modes of the compressor (Q_p , $m^3/s \cdot 10^{-6}$). Solid, dotted, dashed lines - design options I, II, III, respectively

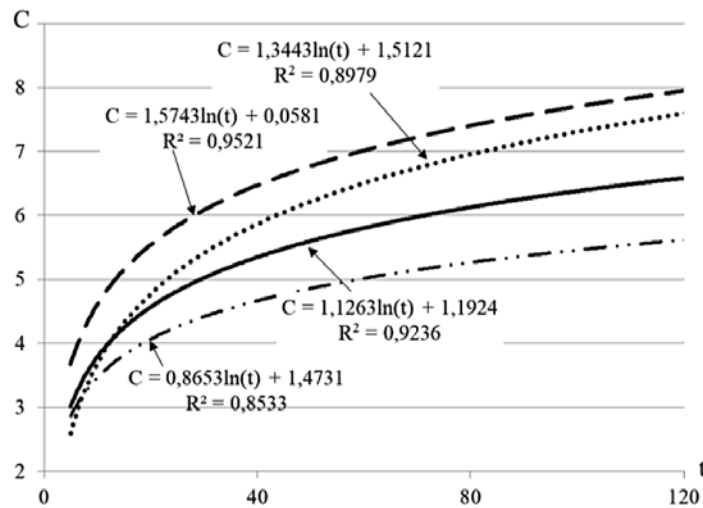


Fig 4. Dynamics of water oxygenation (C, mg/L). Solid, dotted, dashed lines – liquid supply by airlift ($Q_p, m^3/s \cdot 10^{-6}$), respectively, 6.25, 7.72 and 22.86, dashed-dotted line – conventional aerator, (t, min) duration of aeration

Compared to the conditional aerator, all set-up options have demonstrated a more intensive mode of water aeration, which confirmed the feasibility of using this type of unit to prevent eutrophication of water bodies. The relative simplicity of the underwater part of the aerator, the absence of moving parts, increase the efficiency and reliability of the set-up when used in industry, such as construction and other areas.

References

1. Abdelwahed M. 2013. Optimization of injectors location in a water reservoirs aeration problem. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2013, 875979. <https://doi.org/10.1155/2013/875979>.
2. Bashuts'ka U., Konyechny R. 2020. Determination of ecological effect of water spray aerator in the conditions of Yavoriv artificial lake. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 30 (5), 42-46. <https://doi.org/10.36930/40300507>.
3. Huang Yu., Yang C., Wen C., Wen G. 2019. S-type Dissolved Oxygen Distribution along Water Depth in a Canyon-shaped and Algae Blooming Water Source Reservoir: Reasons and Control. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16 (6), 987. <https://doi.org/10.3390/ijerph16060987>.
4. Kostenko V., Zavialova O., Chepak O., Pokalyuk V 2018. Mitigating the adverse environmental impact resulting from closing down of mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*, 12, 105-112. <https://doi.org/10.15407/mining12.03.105>.
5. Kostenko VK., Liashok Ya.O., Tavrel M.I., Zavialova O.L., Kostenko T. V, Bohomaz O.P. 2021. Airlift- aerator. Patent for utility model 147906, Ukraine.
6. Yang X., Huang T.L., Zhang H.H. 2015. Effects of Seasonal Thermal Stratification on the Functional Diversity and Composition of the Microbial Community in a Drinking Water Reservoir. *Water*, 7, 5525-5546. <https://doi.org/10.3390/w7105525>.

УДК 697.95-5, УДК 628.85

Моніторинг мікроклімату приміщень при використанні переносного пристрою фіксації фізичних величин та реєстрації вимірів

Макаренко Л.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Рівень забруднення повітря в Києві часто незадовільний та перевищує середньодобові гранично допустимі концентрації для хімічних сполук, дрібнодисперсних часток PM_{2,5-10} та ін. Фізичні параметри зовнішнього повітря часто не відповідають вимогам до температури, вологості та чистоти повітря в приміщеннях. Для дотримання цих параметрів необхідно здійснювати контроль та реєстрацію даних, фіксування параметрів та недотримання нормативних показників в певних значеннях. Тож, необхідний прилад який буде фіксувати всі ці значення, і в подальшому сигналізувати про перевищення мінімальних чи максимальних значень.*

Використання мобільних пристроїв визначення параметрів оточуючого повітряного середовища в приміщенні дозволить фіксувати показники вологості, температури, CO₂ та PM_{2,5-10} в реальному часі. Таким чином, використовуючи ці дані, можна створити безпечне місце для перебування людини, розробивши систему реагувань для роботи кліматичного обладнання в приміщенні, що надає можливість підтримувати вказані показники в приміщеннях в межах норми. Попередити перебування людини під впливом небезпечних факторів та запобігти впливу високих концентрацій ПДК шкідливих речовин на людину тривалий час тим самим превентивно попередивши наслідків для здоров'я.

Ключові слова: моніторинг; фізичні показники; виміри параметрів повітря.

Якісна вентиляція приміщень впливає на здоров'я та комфорт людей і відповідає за значну частину споживання енергії в будинках. Була проведена низка досліджень, як рекомендації для якісного регулювання об'єму повітря в приміщеннях. Ren та Cao [1] пропонують модель прогнозування концентрації забруднюючих речовин у приміщенні як основу для управління вентиляцією, що дозволить знайти оптимальне співвідношення показників енергозбереження та рівня забруднювачів у приміщенні. В дослідженні застосована інтелектуальна система онлайн-контролю вентиляції, що дозволила зменшити показник CO₂ до 28% при цьому підвищивши енергоефективність до 43,8%.

Clark [2] розглядає метод забезпечення необхідної вентиляції в будинках із одночасним зниженням споживання енергії та її пікового споживання: «розумне» керування вентиляцією на основі даних показників забруднювачів в приміщеннях. Дослідження вказує на 10%-ве зменшення пікового енергоспоживання системами вентиляції при забезпеченні постійної роботи вентиляційних систем, навіть при відсутності людей у будівлі, на знижених обертах: для підтримки заданих параметрів внутрішнього середовища в «фоновому» режимі.

Jin [3] використовує робототехніку для підвищення керування ефективності вентиляції: була запропонована парадигма «автоматичного мобільного зондування» параметрів внутрішнього повітряного середовища приміщення.

Lorenzetti та ін. [4] пропонують технологію контролю вентиляцією EnergyPlus, що може прогнозувати використання енергії системами обробки повітря, та зможе заощадити від 10 до 50% енергії системи обробки повітря. Втім, ця система (EnergyPlus) наразі не має внутрішньої можливості оптимізації: зміни компонування чи розмірів компонентів. Наприклад, щоб зменшити втрати тиску в системі та пов'язану з цим потужність вентилятора або передбачити вплив на якість повітря в приміщенні.

Worlar [5] застосовує в своєму дослідженні систему моніторингу, яка забезпечує деякі додаткові функції, такі як безперервний моніторинг даних з кількох місць, виявлення газу в небезпечних зонах, моніторинг у різних частинах будівлі одночасно. Загальна вартість цієї системи становить близько 370-400 \$ при використанні 2 сенсорних вузлів і 150 \$ додатково за кожен додатковий сенсорний вузол. В майбутньому, він пропонує використовувати режим зв'язку Wi-Fi та

можливість встановлення інших датчиків, таких як H₂S, NO, HCl, NO₂ тощо, що зробить систему моніторингу корисною у багатьох галузях промисловості для виявлення забруднювачів. Графічний інтерфейс може бути змінений шляхом додавання кількох інших корисних функцій.

Fares Kanjo [6] пропонує дизайн інтелектуальної системи машинного навчання для прогнозування забруднення повітря. Запропонована нейронечітка модель була протестована з різними параметрами забруднення з регіонів Стамбула та Бурси. Порівняння результатів різних моделей показує, що нейронечітка модель має найкращу продуктивність у прогнозуванні погодинних даних забруднення з конкретними параметрами, ніж інші розглянуті моделі.

Bergam та ін. [7] пропонують користувальницький інтерфейс програми для керування портативними очисниками повітря з HEPA-фільтрами за межами програмного забезпечення для створення прототипів MIT App Inventor, щоб містити інтерактивні візуальні елементи. Крім того, програма може бути розширена на інші платформи за межами Android, такі як програма Apple iOS або веб-домен. Програма, також, може містити звіти про дані в програмі та відстеження пристрою, споживання енергії та, можливо, аналіз повітряного потоку. Зрештою, розробка проекту зосереджена навколо програми для керування цими пристроями та забезпечення максимальної доступності та інтелектуальної функціональності для користувача.

Wangchuk [8] пропонує особисті прилади для вимірювання забруднювачів безпосередньо в зоні дихання людини між рівнями забруднення в приміщенні та на вулиці для вимірювання забруднення повітря в домогосподарствах спричиненого побутовим горінням палива, наприклад.

Guoyot та ін. [9] в своєму звіті, що є частиною проекту під назвою Smart Ventilation Advanced for Californian Homes (SVACH) вказують три аспекти керування. Інтелектуальна вентиляція стає можливою завдяки використанню трьох додаткових компонентів інтелектуальної вентиляції:

По-перше, вентиляція забезпечується як запит на потребу у вентиляції, наприклад видалення вологості або концентрації CO₂.

По-друге, вентиляція може використовувати принцип еквівалентної вентиляції. Цей підхід передбачає такі переваги, як перенесення вентиляції з періодів, коли теплові навантаження, пов'язані з вентиляцією, високі, на періоди, коли вони будуть нижчими.

По-третє, використання контролерів та сенсорів. Контролером, який використовується в програмах інтелектуальної вентиляції, що приймає рішення, об'єднують інформацію з багатьох джерел, щоб прийняти обґрунтоване рішення про найкращий спосіб вентиляції. Ці джерела інформації можуть включати зовнішні умови, такі як температура, вологість, концентрація забруднюючих речовин, швидкість і напрям вітру; умови в приміщенні, такі як кількість людей, вологість, концентрація забруднюючих речовин і статичний тиск; загальногосподарські умови, такі як попередньо встановлені графіки та робота іншого механічного обладнання; і глобальні дані, такі як попит на електроенергію в місцевому чи регіональному масштабі або принцип електрики.

Дослідження показують, що економія енергії вентиляцією до 60% може бути досягнута без шкоди, а інколи навіть можна досягти покращення.

В даному випадку розглядається експериментальний зразок мобільного пристрою моніторингу повітряного середовища (Рис.1), що складається з датчиків температури, вологості, тиску. В якості програмного забезпечення для даного обладнання використовується багатофункціональний веб-додаток для аналітики та інтерактивної візуалізації з відкритим кодом Grafana. Цей програмний засіб використовується для візуалізації та моніторингу даних. З можливістю їх архівування та подальшого аналізу. За допомогою даного програмного засобу створено панелі, кожна з яких відображає показники зміни температури, вологості та атмосферного тиску, і налаштована для цього конкретного проекту, з урахуванням потреби відображення погодинної фіксації вимірів. Також, виведена окрема панель з показниками параметрів в реальному часі.

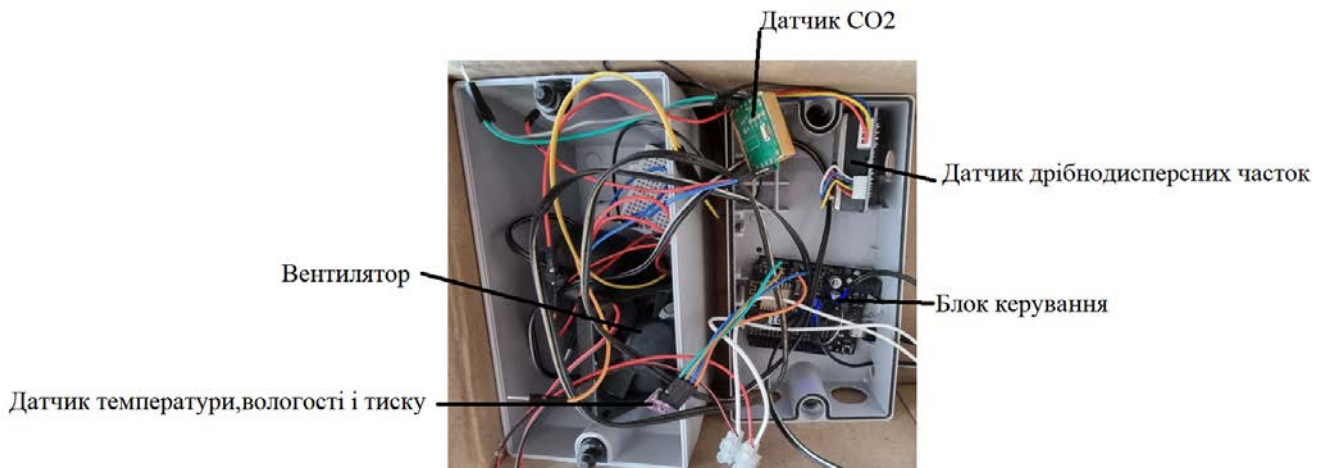


Рис.1. Мобільний пристрій моніторингу навколишнього повітряного середовища.

Пристрій встановлено в офісному приміщенні прощею 20м², що обладнано системою вентиляції та кондиціонування. В приміщенні наявне повне фасадне скління (вся зовнішня стіна виконана з віконних панелей). Тож, приміщення має значні тепловтрати взимку та теплонадходження влітку, та перепади температури до та після вимкнення кліматичної техніки.

Було отримано можливість реєстрації та моніторингу даних зміни параметрів мікроклімату в даному приміщенні. На створених панелях (dashboards) візуалізовано показники зміни мікроклімату в приміщенні за два дні. Виведено значення мінімальних, максимальних, середніх та поточних значень параметрів.

Значення внесені в таблицю 1.

Таблиця 1

Таблиця зміни параметрів мікроклімату

Параметр мікроклімату	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення за період	Поточне значення
Температура,С	18,7	29,7	23,0	23,3
Вологість,%	17,8	48,7	34,7	33,9
Атмосферний тиск, мм рт. ст.	755	763	759	759

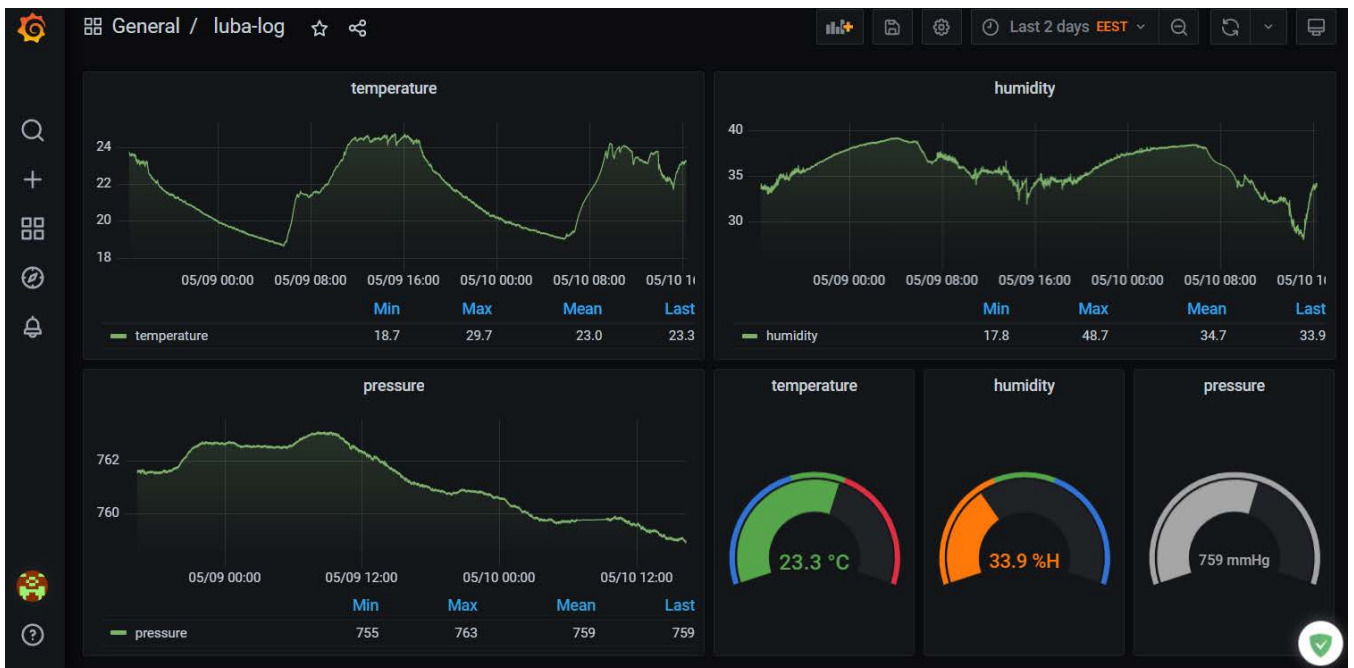


Рис.2. Параметри повітряного середовища за період від 5 по 10 травня в офісному приміщенні в м.Київ.

Даний експериментальний прилад з розробленим програмним забезпеченням надає можливість фіксувати показники вологості, температури та атмосферного тиску, детально аналізувати зміни показників доступних датчиків, наглядно їх візуалізувати та відслідковувати їх зміни з прив'язкою до часу. Веб-додаток Grafana можна використовувати як на пристроях з операційною системою Windows, так і на пристроях, що використовують операційну систему для мобільних телефонів Android. На панелі поточних показників шкалою вказані параметри оптимальних значень показників (вказані в зелених секторах), програма сигналізує про перевищення мінімальних чи максимальних значень. Графіки зміни параметрів відображаються в залежності від обраного часового проміжку, з можливістю відслідковування параметрів в будь-який період часу та їх синхронізації зі зміною інших показників.

В подальших дослідженнях, буде здійснено спробу фіксування зміни параметрів мікроклімату в даному приміщенні при використанні кліматичної техніки, такої як електричні нагрівачі чи фреонові охолоджувачі, або очисного обладнання такого як рециркуляційні агрегати з HEPA-фільтрами.

Таким чином, використовуючи ці дані, можна створити безпечне місце для перебування людини, розробивши систему реагувань для роботи кліматичного обладнання в приміщенні, що надає можливість підтримувати вказані показники в приміщеннях в межах норми. Попередити перебування людини під впливом небезпечних факторів та запобігти впливу високих концентрацій ПДК шкідливих речовин на людину тривалий час тим самим превентивно попередивши негативні наслідки для здоров'я.

Список літератури:

1. Chen Ren, Shi-Jie Cao . Implementation and visualization of artificial intelligent ventilation control system using fast prediction models and limited monitoring data. 2019 Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101860> .
2. Clark, J. D., Less, B. D., Dutton, S. M., Walker, L. S., & Sherman, M. H. (). Efficacy of occupancy-based smart ventilation control strategies in energy-efficient homes in the United States. . Building and Environment 2019; 156: 253–267.
3. Jin, M., Liu, S., Schiavon, S., & Spanos, C. Automated mobile sensing: Towards high-granularity agile indoor environmental quality monitoring. Building and Environment 2018; 127: 268–276. <https://escholarship.org/uc/item/1kj1v33r>
4. D.M. Lorenzetti, C.P. Wray . Air-Handling System Modeling in EnergyPlus: Recommendations for Meeting Stakeholder Needs . Environmental Energy Technologies Division . Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. June. 2014.
5. Chirag Borkar. DEVELOPMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORK SYSTEM FOR INDOOR AIR QUALITY MONITORING. Thesis Prepared for the Degree of MASTER OF SCIENCE UNIVERSITY OF NORTH TEXAS. 2012.
6. M. FARES KANJO. INTELIGENT SYSTEM FOR AIR POLLUTION PREDICTION. A THESIS SUBMITTED TO THE GRADUATE SCHOOL OF APPLIED SCIENCES OF NEAR EAST UNIVERSITY. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in COMPUTER ENGINEERING NICOSIA, 2019.
7. N.Bergam, L.Chen, S.Lende, S.Snow, J.Zhang, M.J DiBuono, N.J.Calzaretto. Designing and Simulating a Smart SARS-CoV-2 Air Purifier. 2020. www.github.com/nbergam2021/COVID-Air-Purifier.
8. Tenzin Wangchuk. QUANTITATIVE ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN DIFFERENT INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTS IN RURAL BHUTAN . A thesis submitted in fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy 2016. https://eprints.qut.edu.au/92603/1/Tenzin_Wangchuk_Thesis.pdf
9. Gaëlle Guyot, Max Sherman, Iain Walker, Jordan D Clark. Residential smart ventilation: a review. [Research Report] LBNL-2001056, LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. 2017. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01670527>

MONITORING OF THE MICROCLIMATE OF THE PREMISES USING A PORTABLE DEVICE FOR FIXING PHYSICAL VALUES AND REGISTRATION OF MEASUREMENTS.

Makarenko Lyubov

Abstract. *The level of air pollution in Kyiv is often unsatisfactory and exceeds the average daily maximum permissible concentrations for chemical compounds, PM_{2.5-10} fine particles, etc. The physical parameters of the outdoor air often do not meet the requirements for temperature, humidity and cleanliness of the air in the premises. To comply with these parameters, it is necessary to control and register data, fix parameters and non-compliance with normative indicators in certain values. Therefore, a device is needed that will record all these values, and subsequently signal that the minimum or maximum values are exceeded.*

The use of mobile devices for determining the parameters of the surrounding air environment in the room will allow to record indicators of humidity, temperature, CO₂ and PM_{2.5-10} in real time. Thus, using these data, it is

possible to create a safe place for a person to stay, by developing a response system for the operation of climate equipment in the room, which makes it possible to maintain the indicated indicators in the premises within the norm. To prevent a person from being under the influence of dangerous factors and to prevent the effect of high concentrations of harmful substances on a person for a long time, thereby preemptively preventing health consequences.

Keywords: *monitoring; physical indicators; measurements of air parameters.*

УДК 551.46

Застосування симулятора v-ger для навчання програмування інформаційних робототехнічних систем зі зменшеними енерговитратами

Циганков О. В., Міщук Д. О.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *Робототехніка стає все більш популярною в промисловості та будівництві, зокрема, де необхідна автоматизація процесів. Однак, з розвитком технологій, зростає необхідність в оптимізації робіт, з метою зменшення енергетичних витрат та збільшення їхньої ефективності. Один зі способів досягнення цієї мети – це застосування симуляторів робіт для навчання їхнього ефективного програмування.*

V-REP – це програмне забезпечення для моделювання та симуляції робіт, що дозволяє створювати віртуальні середовища, в яких можна тестувати різні алгоритми керування роботами та аналізувати їхню ефективність. Одним з головних переваг V-REP є можливість використання різних типів сенсорів та пристроїв, що дозволяє створювати більш реалістичні моделі робіт. Одним з основних переваг застосування V-REP є зменшення енергетичних витрат при функціонуванні робіт, що досягається шляхом аналізу їхньої поведінки в різних умовах, тестування різних алгоритмів керування та вибору оптимального варіанту. Наприклад, робот, який виконує певну роботу, може бути налаштований на переміщення з меншими швидкостями, щоб зменшити витрати енергії. Також V-REP дозволяє виконувати аналіз робіт в різних зовнішніх середовищах, що дозволяє знайти оптимальніші рішення щодо енергоефективності, наприклад для визначення оптимального шляху руху робота з урахування різного рівня освітлення в приміщенні. Ще одним важливим фактором, що впливає на енергоефективність робіт, є їхні матеріали та конструкція. За допомогою V-REP можна створювати віртуальні прототипи робіт з реальними фізичними властивостями та тестувати різні матеріали і конструкції, щоб знайти найефективніший варіант.

Ключові слова: *робототехніка; симулятор робіт; моделювання; програмування; навчання.*

Експонентне зростання обчислювальної потужності комп'ютерів разом з появою великої кількості відкритого програмного забезпечення та електроніки сильно змінили системи для віртуальної 3D симуляції робіт. З'явилася можливість не тільки ускладнити робоче середовище, а й забезпечити запуск фізичних робототехнічних систем у реальному часі, а також включати в симуляцію пересувні/вбудовувані системи, що керуються безпосередньо із середовища.

Метою симулятора V-REP є надання великої кількості інструментів та можливостей для симуляції. V-REP має велику бібліотеку різноманітних робототехнічних систем і дозволяє передбачити специфіку їхньої роботи. Крім того, деяким користувачам потрібен гнучкий підхід, який дає можливість працювати з простою мовою програмування, а також дозволяє зробити симулятор портативним та придатним для всіх типів моделей робіт. V-REP є середовищем для симуляції різних видів робіт, при цьому користувачеві немає необхідності мати фізичний доступ до реальної машини.

V-REP містить велику кількість, вже готових для використання, різноманітних робіт, яких можна попередньо подивитися в оглядачі моделей (Tools | Model browser). Для додавання необхідної моделі потрібно лише перетягнути її на сцену. При цьому важливо, щоб сцену під час перетягування було зупинено, інакше зміни не будуть збережені. У вікні Model Browser є список об'єктів де ми використовуємо robots > mobile / non-mobile. Також доступні всі основні примітиви (об'єкти по типу

кола, квадрата), додати які можна, натиснувши праву кнопку миші на сцені і вибравши відповідні пункти меню. (Add > Primitive shape > Objects).

Remote API, дозволяє писати сценарії для середовища різними мовами, серед яких C/C++, Python, Java, Matlab/Octave та Urbi.

Для роботи з Remote API необхідно:

1. створити директорію для нового проекту;
2. створити нову сцену;
3. зберегти сцену та створити файл з розширенням *.ttx;
4. далі необхідно скопіювати кілька файлів із директорії із встановленою програмою. У ній міститься папка programming, потім в remoteApiBindings, з якої потрібно скопіювати кілька файлів у створену раніше директорію для проекту, а саме файли з каталогу python (vrep.py, vrepConst.py, simpleTest.py) та файли з каталогу lib, а саме remoteApi.dll;

Додамо на сцену модель робота pioneer 3dx. Для цього в браузері моделей у дереві robots виберемо mobile. По стандарту, якщо натиснути Play, робот поїде прямо, логіка якого описана у його lua-скрипті, який необхідно змінити на python-скрипт.

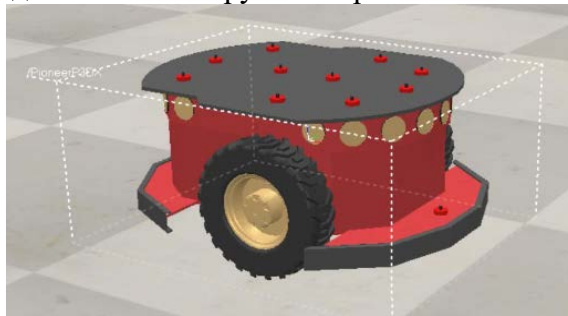


Рис.1. Модель віртуального робота pioneer

Для початку відключимо скрипт, який рухає робота вперед. Для цього переходимо у наші скрипти сцени (Scripts), в якому перераховані всі скрипти, що є на сцені. Виділимо скрипт робота Pioneer_3dx і в контекстному меню відмітимо галочку на пункті Disabled.

Для початку роботи з Remote API потрібно активувати його на стороні сервера, тобто в середовищі V-REP. Для цього потрібно активувати прослуховування порту в будь-якому активному потоково залежному скрипті. Переходимо до директорії проекту та детально відредагуємо скрипт simpleTest.py:

1. Спочатку імпортуємо модуль V-REP;
2. Далі зупинимо інші з'єднання зі сценою, щоб вони не заважали логіці нашого скрипту. Для цього є функція simxFinish з аргументом -1.
3. Далі необхідно з'єднатися з віддаленим сервером у порту. Оскільки V-REP запущено у нас локально, то адреса 127.0.0.1. Згідно з документацією з Remote Api для Python.
4. Виклик simxStart завжди повинен бути в парі з викликом simxFinish.
5. Після спроби встановлення з'єднання перевіряється успішність, про що повідомить відповідне повідомлення.
6. Далі потрібно отримати посилання на всі об'єкти на сцені через функцію vrep.simxGetObjects.
7. Далі слід перевірити код на помилки, наприклад визначивши програмно кількість об'єктів на сцені.

В подальшому можна підключати власні скрипти руху робота та аналізувати їхню роботу.

Розглянемо особливості диференційного приводу. Диференційний привід є одним з найпоширеніших типів приводів у робототехніці. Цей тип приводу складається з двох коліс, які приводяться в рух окремо. Керування швидкістю руху робота виконується за допомогою зміни швидкості обертання коліс. Для створення програми управління роботом з диференційним приводом в симуляторі V-REP необхідно виконати наступні кроки:

1. Створити модель робота в V-REP. Для цього можна скористатися вбудованими засобами симулятора, які дозволяють створювати моделі різноманітних роботів;

2. Додати до моделі робота диференційний привід. Це можна зробити за допомогою вбудованих засобів V-REP, додавши до моделі колеса та задаючи параметри приводу.
3. Написати програму управління роботом. Для цього можна використати мову програмування python, яка підтримується симулятором.

У програмі необхідно задати алгоритм руху робота. Для роботів з диференційним приводом це може бути, наприклад, алгоритм керування швидкістю коліс. В програмі можна використовувати різноманітні математичні функції та алгоритми для забезпечення оптимального руху робота. Після перевірки роботоздатності програми можна провести оптимізацію алгоритму управління роботом. Це може допомогти забезпечити кращу швидкість та точність руху робота.

Для управління роботом Pioneer з диференційним приводом необхідно мати зв'язок з його контролером. В залежності від моделі робота, це може бути RS232 або Ethernet з'єднання.

Список літератури

1. CoppeliaSim User Manual (version 4.5). User interface, scenes and models, writing code.
2. Kopylov V. M., Shardyko I. V., Truts A. A., Volnyakov K.A., Bobkov D.S. Development of mechatronic unit with modular design and increased torque measurement reliability. 30th International Scientific and Technical Conference EXTREME ROBOTICS, June 2019, 254-260 s.
3. Boychenko A., D. Mishchuk Possibilities of using the packet TensorFlow neural network design library for the kine-matic study of a manipulator. *Girnich, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines]*, Nr.95, 2020, 14–24. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.95.0201>.
4. Mishchuk, D., Mishchuk, Y., & Kalashnikov, O. Analysis of the control system of the clear logic of the wheel robot with differential drive. *Girnich, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini*, Nr.97, 2021. 12–23. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0201>.

APPLICATION OF THE V-REP SIMULATOR FOR TEACHING PROGRAMMING OF INFORMATION ROBOTIC SYSTEMS WITH REDUCED ENERGY CONSUMPTION

Tsygankov Oleg, Mishchuk Dmytro

Abstract. *Robotics is becoming increasingly popular in industry and construction, in particular, where automation of processes is required. However, with the development of technologies, there is a growing need to optimize robots in order to reduce energy costs and increase their efficiency. One way to achieve this goal is to use robot simulators to teach them how to program effectively.*

V-REP is a robot modeling and simulation software that allows you to create virtual environments in which you can test different robot control algorithms and analyze their performance. One of the main advantages of V-REP is the possibility of using different types of sensors and devices, which allows creating more realistic robot models. One of the main advantages of using V-REP is the reduction of energy costs during the operation of robots, which is achieved by analyzing their behavior in different conditions, testing different control algorithms and choosing the optimal option. For example, a robot performing a specific task can be configured to move at slower speeds to reduce energy consumption. V-REP also allows you to perform analysis of robots in various external environments, which allows you to find more optimal solutions for energy efficiency, for example, to determine the optimal path of movement of the robot taking into account different levels of lighting in the room. Another important factor affecting the energy efficiency of robots is their materials and construction. With V-REP, you can create virtual prototypes of robots with real physical properties and test different materials and designs to find the most efficient option.

Keywords: *robotics; robot simulator; modeling; programming; teaching.*

UDC 693.1

Interoperability between BIM and FEM tools for structural assessment**Iryna Rudenko, Yuri Petryna**

Technische Universität Berlin, Berlin, Germany

Abstract. *This contribution discusses methods that allow the finite element models of different complexity and dimensionality to be consistently extracted from a BIM model for structural analysis. At that, structural parameters related to geometry, discretization, material properties, boundary conditions and loads should be specified within the BIM model. Selected methods were tested on an example of a steel hall construction created in Autodesk Revit. Two types of structural analysis were considered. The first one was dedicated to the classic stability analysis of the entire structure as an eigenvalue problem. In this case, the hall was modelled by beam elements within the Dlubal RFEM software. The import and export function using the IFC 2x3 Coordination View 2.0 file and the direct link between RFEM and Revit has been tested. The second type was dealing with the local stress analysis of the crane bracket and the associated welding joint. For this purpose, a three-dimensional FE model was extracted from Revit and used for a local stress analysis of the weld in RFEM and the Ansys Workbench software. Since a three-dimensional analytical model does not exist in Revit, the geometry of the bracket was exported in several alternative ways whereas the loads, boundary conditions for the remaining structure, etc. were added manually to the FE model afterwards. The import into RFEM was implemented using DXF, ACIS (SAT) and IFC files, into Ansys Workbench - using the ACIS (SAT) file. The advantages and drawbacks of existing interface solutions are discussed.*

Keywords: *Building Information Modelling; data transfer; FE simulation; direct link; Industry Foundation Classes; structural assessment*

Digitalization is taking over the construction industry and ensures a better quality, productivity, sustainability as well as schedule and cost security. The Building Information Modeling (BIM) is an important instrument of digitalization in civil engineering. Digital building models are created, managed and used for design, project management, construction and facility management, etc. [1]. BIM could and should serve as a primary source of any required information on the building construction and equipment including that for various simulations and analyses. The use of BIM in design and planning is of great advantages for structural engineering. However, main tasks in structural analysis and dimensioning of structural members are carried out mainly by use of finite element models (FEM). These have different complexity and dimensionality depending on the type of structure and analysis. The goal of this work was to investigate the methods that allow the FE models of different complexity and dimensionality to be consistently extracted from the same BIM model for structural analysis. Obviously, all necessary structural parameters with regard to geometry, discretization, material properties, boundary conditions and loads need to be specified already within the BIM model.

In structural engineering, there are mainly three types of partial models incorporated in structural engineering by use of BIM and FEM (Fig. 1). The first one is the structural model containing all structural components with the associated geometric and semantic information [2]. Besides, some BIM applications include an analytical model, which is a simplified representation of the structural model. For example, beams and structural columns are represented as lines and load-bearing walls, floor slabs are represented as surfaces within the analytical model in Autodesk Revit. Finally, the analytical model can then be transformed to a FE model. The calculation results by use of FEM can in turn be imported into the corresponding BIM model.

The structural model and the analytical model are usually created within the BIM software. On the other hand, FE software is used for structural design and analysis. Accordingly, the data transfer between BIM and FEM is of great importance. Above all, it should be possible to transfer the data loss-free to avoid a cumbersome adjustment of the model. There are different kinds of data transfer methods: using direct links (APIs) and file-based [3]. With the help of direct links, the data is transferred from one application directly to another. No additional files are necessary. The two applications communicate via Application Programming Interfaces (APIs). Both applications must be installed on one computer. [4, 5] There are many BIM and FE applications on the market that have direct links to each other. Within the scope of this work,

the direct link between Dlubal RFEM and Autodesk Revit was used. With file-based data transfer, there is always a file to which the data from the BIM model is exported. This file is then read in by another application, like the FE software. At this point, two categories must be distinguished: proprietary and standard exchange formats [3]. Proprietary exchange formats are the formats developed by a specific software company for its applications. Some examples are the formats DXF, RVT defined by Autodesk or SAT by Spatial Corporation [3]. Standard exchange formats, such as IFC, CIS/2 und SAF [6], are based on an open data schema and vendor-neutral [3].

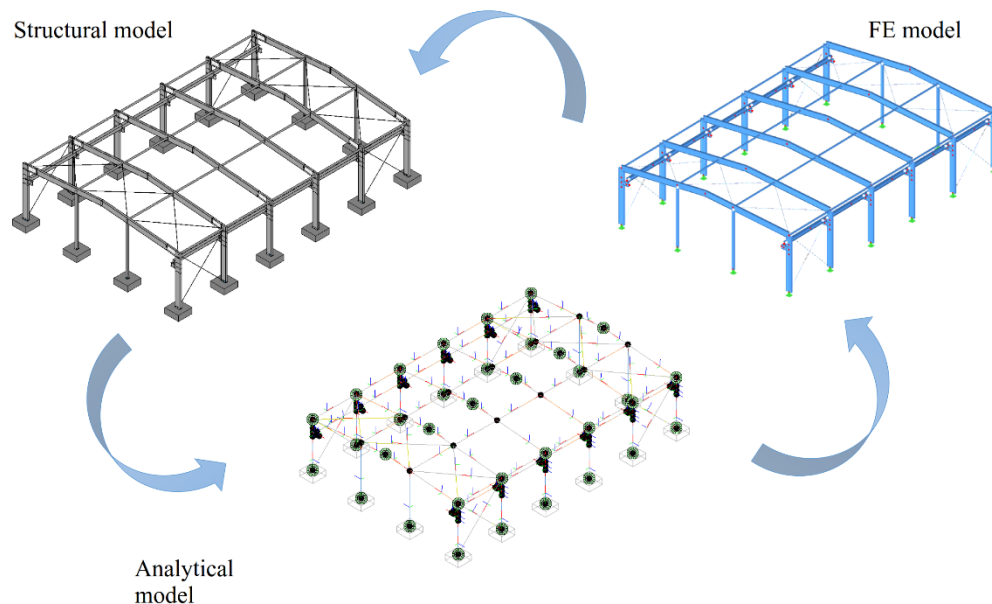


Fig. 1. Model types in structural engineering

Different scenarios of data transfer between BIM and FE software were examined using the BIM model of a steel hall construction created in Revit (Fig. 2). The FE simulations were performed in RFEM and Ansys Workbench. The BIM model of the hall contains main structural elements, materials, boundary conditions, essential connections and some loads. In the first scenario, the entire system of the hall was set up with beam elements and used for the classic (linear) stability analysis in RFEM. Two variants were tested for this scenario: exporting the model from Revit to RFEM and importing the calculation results into Revit with the direct link from Dlubal and exporting the model from Revit to RFEM using the IFC 2x3 Coordination View 2.0 file. The export from Revit with the IFC 2x3 Coordination View 2.0 file worked properly. However, the information from the analytical model was ignored. The import into RFEM performed well, but the FE model had to be edited manually. The export of the model from Revit to RFEM and the import of the simulation results with the direct link worked perfectly. Some simulation results can be displayed in Revit. The direct link has many advantages and contributes considerably to the overall efficiency. In this case, the direct link between RFEM and Revit is better suited for the export/import of the FE model of the entire system with beam elements.

The objective of the second scenario was to extract a three-dimensional FE model of the crane bracket and the associated connection from Revit and to use it for a local stress analysis of the weld in RFEM and Ansys Workbench. It was a linear elastic FE analysis. The following variants were tested: exporting the geometry of the connection from Revit with a DXF, ACIS (SAT) and IFC file and importing it into RFEM, exporting the connection geometry from Revit with an ACIS (SAT) file and importing it into Ansys Workbench. Since a three-dimensional analytical model does not exist in Revit, only the geometry of the bracket was exported. The loads, boundary conditions for the remaining structure, welds, etc. were added manually to the FE model. The use of IFC file allowed to achieve positive outcomes. However, some adjustments of the FE model were still necessary. Importing the ACIS (SAT) file into Ansys Workbench produced the best outcome (Fig. 3). The geometry was fully imported, all solids were closed, and the contact areas were automatically recognized when importing. There were problems with the stress singularities in

the welds. These were remedied by adjusting the load application. The stress analysis was carried out as an example for the upper weld of the crane bracket.

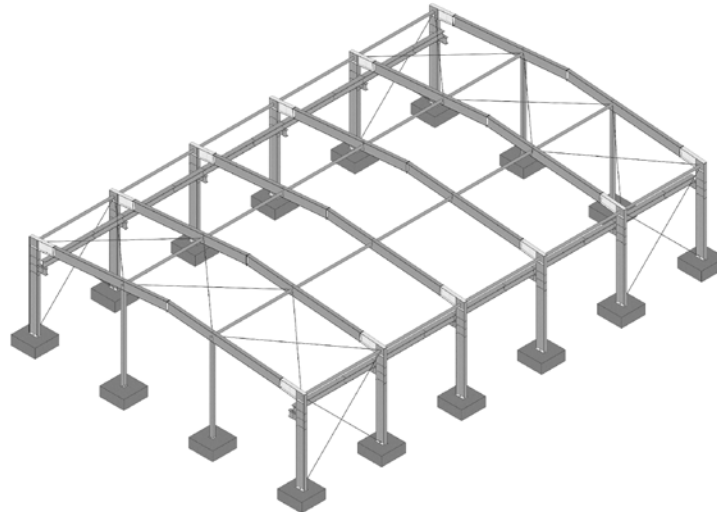


Fig. 2. BIM model of the steel hall construction

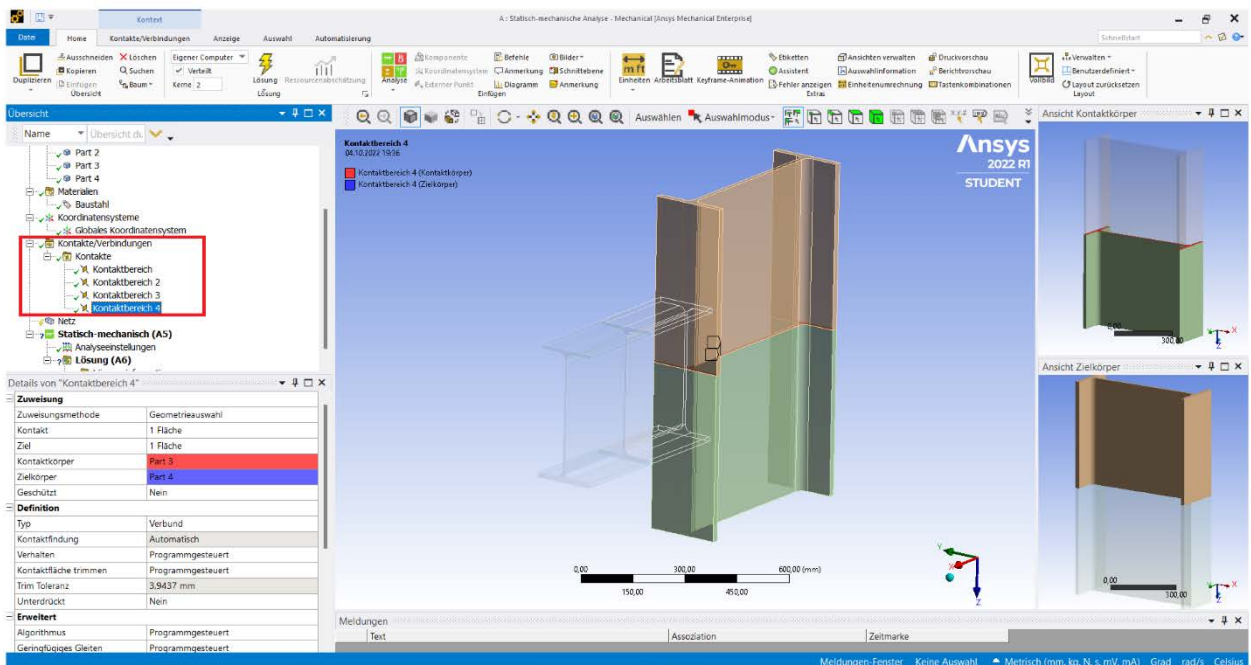


Fig. 3. The crane bracket imported into Ansys Workbench with the ACIS (SAT) file with automatically recognized contact areas

Both scenarios showed that the export of the FE model with beam elements from Revit works very well, especially with the direct link. If floors or walls are present in the BIM model, these can also be imported smoothly as surfaces into RFEM using the direct link. It gets more complicated when a detailed FE model, for example with solid finite elements, is needed. Detours are necessary as the analytical model in Revit is available only in the form of surfaces and lines and the direct link exports this model. The obtained results and experiences show that a uniform procedure for extracting the FE models of different complexity and dimensionality for structural analyzes from a BIM model does not yet exist. At the moment, the combination of direct link for the FE models with beam elements and exporting the geometry with ACIS (SAT) or IFC files from Revit for more detailed FE models provide best results.

References

1. Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. (Eds.) (2021). *Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*, 2nd ed., Wiesbaden: Springer Vieweg [in German]. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>.

2. Egger M., Hausknecht K., Liebich T., Przybylo J. (2013). *BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber. Endbericht.* Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR) [in German].
3. Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers.* 3rd ed., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
4. Rustler W. (2022). *BIM in der Tragwerksplanung: Planungsablauf, Möglichkeiten und Chancen.* [in German]. <https://www.dlupal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001097>.
5. Rustler W. (2022). *Building Information Modeling und Statiksoftware: Szenarien und Erfolgsfaktoren beim Datenaustausch.* [in German]. <https://www.dlupal.com/de/support-und-schulungen/support/knowledge-base/001432>.
6. *SAF Documentation.* <https://www.saf.guide/en/stable/index.html>.

УДК 693.1

Аналіз загальних структур моделювання вібраційних систем

Назаренко І.І., Яковенко В.Б., Міщук Є.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Вібраційні технології засновані на корисному практичному застосуванні багатьох явищ і процесів, що виникають у вібраційних системах. Вібраційна система є основною частиною вібраційної технології. Вона здійснює цілеспрямовану передачу механічної енергії в матеріал, що виникає при цьому вібраційний процес призводить до появи нових властивостей і якостей матеріалу. Численні експериментальні дані свідчать про різноманітність областей виникнення, схожість властивостей вібраційних процесів. Одночасно з цим реалізація вібраційних процесів здійснюється безліччю подібних вібраційних систем. Феномен утворення подібних явищ у різноманітних умовах свідчить про доцільність концентрації уваги на способах порівняння вібраційних систем, пошуку інваріантних засобів їх опису та уявлення, а значить дослідженні можливостей розширення структур моделювання.

Ключові слова: методи моделювання; ізоморфізм; вібраційна система; функтор; сигнатурна модель.

Моделювання як спосіб порівняння є універсальним методом пізнання. Теоретичною основою процесу моделювання є пошук подібності, тобто взаємнооднозначної відповідності або ізоморфізму між двома об'єктами. Оцінка міри подібності дає можливість констатувати факт подібності або дозволяє знайти можливі способи її забезпечення.

Подібність чи ізоморфізм моделі та реального об'єкта забезпечується, якщо модель задовольняє двом умовам: 1) існує взаємно-однозначна відповідність між елементами моделі та елементами об'єкта, що представляється; 2) зберігаються точні відносини та взаємодії між елементами.

Моделювання є процесом представлення об'єкта дослідження достовірною моделлю та проведення фізичних або чисельних експериментів із цією моделлю для отримання інформації про об'єкт. При моделюванні модель одночасно виконує функції засобу та об'єкта досліджень і знаходиться у відношенні подібності до об'єкта, що моделюється.

Подальше викладення базується на спробі селективного прикладення всіх результатів до прикладної предметної області вібраційних систем. При моделюванні вібраційних систем з позиції теорії множин, то елементами множин є абстрактні елементи, які характеризуються функціями. Відношення задаються правилами спряження елементів і значень функцій.

Модель вібраційної системи можна розглянути як множину спостережуваних станів, а співвідношення як рівняння руху системи.

Явища чи процеси визначаються безліччю змінних. Елементи цієї множини є атрибутами або ознаками явища. Модель визначається як підмножина $M \subset S$. Клас моделей представляється як M_1, M_2, \dots, M_n . Якщо модель деякого явища M_1 володіє великими можливостями в порівнянні з моделлю M_2 , то $M_1 \supset M_2$.

Результати експериментальних вимірювань представляються підмножиною Z . Модель не спростовується вимірюваннями якщо $Z \subset M$ [1],[2],[3].

Для порівняння моделей використовується поняття сигнатури. Сигнатурою моделі є упорядкований набір або кортеж найменувань відношень з вказівкою їх числа або довжини кортежу. Поняття ізоморфізму є прийнятим тільки для моделей з однаковою сигнатурою.

Структура моделей представляється, як набір загальних якостей, властивостей, які присутні всім ізоморфним моделям і не залежать від природи елементів базової множини і від змісту відношень.

Грунтуючись на таких визначеннях теорію вібраційних систем можна представляти як кортеж, перелік назв відношень і властивостей цих відношень, а моделлю є множина на якій задані відповідні відношення і виконані необхідні властивості.

Існують два способи вивчення структури об'єктів, які можна застосувати до дослідження вібраційних систем. У першому, прямому способі об'єкт препарується, тобто поділяється на окремі частини. Потім визначається їх склад, зв'язки і властивості.

При постановці та вирішенні завдань теорії вібраційних систем велике значення має розмірність моделі, фактичне число елементів множин, які її характеризують.

Для моделювання складних систем частинами Г. Крон розробив метод діакоптики або розчленування [4]. Цей метод заснований на тому, що побудову моделі складної системи можна здійснити моделями простих складових її частин. Виникнення цього моделювання зобов'язане прагненню розробці образного уявлення структури системи задля забезпечення впевненості у адекватності моделі та об'єкта. З іншої сторони метод розчленування є вдалим способом моделювання складних систем. Розвиток обчислювальних засобів збільшує його переваги, а раціональне поєднання образної та математичної дискретизації в рамках методів діакоптики дозволяє будувати моделі вібраційних систем з можливостями, що розширюються, в міру поглиблення дослідження.

Другий спосіб, непрямий, полягає у пошуку подібності та аналогій з безліччю споріднених об'єктів. У порівнянні зовнішніх відповідностей робляться висновки про внутрішню структуру досліджуваного об'єкта.

Цей спосіб формалізується в теорії категорій, яка представляє математичний спосіб опису об'єктів через їх відповідність (морфізми) [5].

Значення теорії категорій полягає у можливості переводити вивчення внутрішньої структури об'єктів у вивчення зовнішніх зв'язків. Категорія включає такі дані та ознаки: безліч об'єктів категорії, об'єкти самі є множинами і безліч морфізмів категорії або стрілок.

Для наочного подання категорій застосовуються комутативні діаграми у вигляді фігур, вершини яких є стрілки з відповідними морфізмами чи відображеннями.

Порівняння моделей здійснюється шляхом розгляду відповідностей чи морфізмів. Відображення зіставляє за певним правилом парі морфізмів другу пару є композицією. Композиція розчленовує категорію на класи морфізмів, і служить порівняння моделей.

Класи морфізмів, для яких визначена композиція утворюють категорію. Іншим засобом порівняння моделей є використання поняття функтора. Функтор визначає відповідності між категоріями і задається парою відображень. Функтори розмежовують умови при яких моделі та морфізми однієї категорії відображаються в моделі та морфізми іншої категорії [6], [7], [8], [9].

До теперішнього часу накопичено великий фактичний матеріал теоретичних та експериментальних досліджень вібраційних систем. Проте спроби змістовного кількісного зіставлення окремих результатів стикаються з труднощами. Це спричинено тим, що різні дослідження виконувались у межах безлічі припущень та експериментальних умов часто несумісних суперечливих і навіть взаємно виключних [10].

Подолання зазначених труднощів можна здійснити, звернувшись до аналізу засобів моделювання. Конструктивним обмеженням є звуження предметної області до множини моделей вібраційних систем технологічного призначення. Методи моделювання таких вібраційних систем, що склалися до теперішнього часу, не мають достатньої спільності, яка дозволила б об'єктивно співвідносити результати окремих теоретичних і експериментальних досліджень. Головним елементом будь-якої вібраційної системи є вібраційний процес, тому що саме тут здійснюється не проста передача та розподіл енергії, а корисне її перетворення. Можна відзначити, що безліч

параметрів вібраційного процесу є область визначення цільової функції вібраційної системи.

Проте в зв'язку з використанням традиційних засобів моделювання і експериментальними труднощами систематичні, достовірні відомості про множину параметрів різних вібраційних процесів практично відсутні. В сформованій практиці моделювання вібраційних систем врахування вібраційного процесу можна здійснити або в суттєво ідеалізованих ситуаціях, а як правило за фактом досягнення достатнього рівня або якості вібраційного впливу, тобто критеріальним чином.

У зв'язку з цим можна зробити висновок, що стан сучасних засобів моделювання вібраційних систем стримує подальший розвиток і вдосконалення вібраційних технологій. Таким чином, доцільно вважати, що розширення можливостей моделювання вібраційних систем виявиться корисним для управління властивостями та якістю матеріалів у вібраційних полях.

Актуальність проблем моделювання підкреслюється фактами існування міждержавних програм направлених на широке застосування методів математичного моделювання у ключових галузях. Створення автоматизованих людино-машинних інформаційно-моделюючих систем проектування, управління та експлуатації об'єктів народного господарства на основі їх фундаментального вивчення та достовірного оперативного та додаткового прогнозу методами математичного моделювання та обчислювального експерименту.

Список літератури

1. Borutzky. W. (2010) Bond graph methodology. Development and analysis of multidisciplinary dynamic system models. XXII /W. Borutzky. – 662 p.
2. Flores P., Ambrosio J., Pimenta Claro J.C., Hamid M. Lankarani (2008) Kinematics and dynamics of multibody systems with imperfect joints: Models and case studies. Springer. Berlin.
3. Breedveld P. C. (2008) Modeling and simulation of dynamic systems using bond graphs. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Vol. 4, Oxford, UK.
4. [Darina Hroncová](#), [Patrik Šarga](#), [Alexander Gmiterko](#). (2012) Simulation of Mechanical System with Two Degrees of Freedom with Bond Graphs and MATLAB/Simulink./ Procedia engineering 48, Košice, Slovak republic, 223-232 p.
5. Jakovenko V.B. (1992) Jelementy prikladnoj teorii vibracionnyh sistem [Elements of the applied theory of vibration systems]. (Kyiv). [in Ukraine].
6. Robert Thomas McBride. (2005) System analysis through bond graph modeling, dissertation for the degree of doctor of philosophy. The university of Arizona.
7. Fahrenthold, E.P., Wargo J. D. (1994) Lagrangian Bond Graphs for Solid Continuum Dynamics Modeling. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Trans. ASME. 178-192 p.
8. A. Mukherjee, R. Karmakar, A. Samantaray. *Bond Graph in Modeling, Simulation and fault Identification*. CRC Press, Florida, 2006.
9. D.C. Karnopp, D.L. Margolis, and R.C. Rosenberg. *System Dynamics - Modeling and Simulation of Mechatronic Systems*. John Wiley & Sons Inc., Fourth edition, 2005. ISBN:0-471-70965-4.
10. P. J. Gawthrop and L. P. S. Smith. *Metamodelling: Bond Graphs and Dynamic Systems*. Prentice Hall, Hemel Hempstead, Herts, England., 1996.

ANALYSIS OF GENERAL STRUCTURES OF SIMULATION OF VIBRATION SYSTEMS

Ivan Nazarenko, Valery Yakovenko, Yevhen Mishchuk

Abstract. *Vibration technologies are based on the useful practical application of many phenomena and processes occurring in vibration systems. The vibration system is the main part of the vibration technology. It carries out a purposeful transfer of mechanical energy to the material, the vibration process that occurs at the same time leads to the appearance of new properties and qualities of the material. Numerous experimental data testify to the diversity of the areas of occurrence, the remarkable similarity of the properties of vibrational processes. At the same time, the implementation of vibration processes is carried out by many similar vibration systems. The phenomenon of the formation of similar phenomena in various conditions indicates the expediency of focusing attention on methods of comparing vibrational systems, searching for invariant means of their description and representation, and therefore researching the possibilities of expanding modeling structures.*

Keywords: *modeling methods; isomorphism; vibration system; functor; signature model.*

УДК 004.056.5+ 004.738.5

Методи захисту від атак у системах інтернету речей: відкриті проблеми та перспективні рішення

Власенко М.М., Хлапонін Ю.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** У сучасному світі, де системи Інтернету речей (IoT) стають неодмінною частиною нашого повсякденного життя, забезпечення кібербезпеки є життєво важливим завданням. Ця робота присвячена вивченню методів захисту від атак у системах IoT та розгляду відкритих проблем, з якими стикаються ці системи. Важливість комплексного підходу до кібербезпеки систем Інтернету речей, який включає в себе аналіз загроз, застосування ефективних методів та технологій захисту, інтеграцію кібербезпеки на кожному етапі проектування та розробки, використання машинного навчання та штучного інтелекту для виявлення та запобігання атакам, а також розробку перспективних підходів до захисту протоколів зв'язку та ідентифікації. Тільки шляхом цілісного підходу до кібербезпеки IoT систем можна забезпечити їхню надійність та безпеку в ера цифрового світу. Враховуючи постійний розвиток технологій та зростання кількості підключених пристроїв, забезпечення кібербезпеки в системах Інтернету речей стає актуальним завданням, яке потребує постійного вдосконалення та впровадження нових підходів. Дослідження, проведені у цій роботі, сприятимуть подальшому розвитку безпечних систем IoT і забезпеченню їхньої стійкості до кібератак.*

***Ключові слова:** Інтернет речей; кібербезпека; методи захисту; машинне навчання; ідентифікація; безпека даних*

Вступ. У сучасному світі, де технології стають все більш інтегрованими в наші повсякденні життя, системи Інтернету речей здобувають все більшу популярність. Проте, разом зі зростанням їхньої розповсюженості, з'являються й нові виклики, пов'язані з кібербезпекою. Кібербезпека стає життєво важливим аспектом для ефективного функціонування систем Інтернету речей, а ми стоїмо на перехресті, де наші вирішення можуть суттєво вплинути на майбутність цих систем. Будемо розглядати сучасні загрози і вразливості в системах Інтернету речей. Будуть проаналізовані проблеми інтеграції кібербезпеки в проектування та розробку цих систем, а також розглянуті заходи, що спрямовані на забезпечення конфіденційності та цілісності даних. Крім того, дослідитимемо роль машинного навчання та штучного інтелекту у виявленні та запобіганні атакам, а також перспективні підходи до захисту протоколів зв'язку та ідентифікації.

Сучасні загрози та вразливості в системах Інтернету речей. Щоб краще розуміти складність проблеми та необхідність захисту від атак у системах Інтернету речей, потрібно розглянути такі аспекти:

1. Типові кіберзагрози в системах Інтернету речей.
2. Вразливості, які можуть бути використані для атак.
3. Вплив кіберзагроз на ефективність та безпеку систем Інтернету речей.

Згідно з аналізом сучасних загроз та вразливостей в системах Інтернету речей, можна зробити висновок, що ці системи стикаються з різноманітними кіберзагрозами, які можуть вплинути на їхню безпеку та ефективність. Недостатня захищеність мережевих протоколів, слабкі паролі та недостатні заходи аутентифікації є основними вразливостями, які можуть бути використані для атак. Забезпечення безпеки систем Інтернету речей вимагає розробки та впровадження ефективних методів та технологій захисту, що має велике значення для забезпечення їхнього безперебійного функціонування та використання в майбутньому.

Методи та технології захисту в системах Інтернету речей. Розглянувши методи та технології захисту, ми зможемо зрозуміти, які підходи можуть бути застосовані для підвищення рівня кібербезпеки в системах Інтернету речей. Наприклад:

1. Криптографічні методи захисту.
2. Мережеві методи захисту.
3. Фізичні методи захисту.

4. Машинне навчання та аналіз даних для виявлення атак.
5. Заходи забезпечення конфіденційності та цілісності даних.

Наведені вище підходи, такі як криптографічні методи, які дозволяють зашифрувати та захистити передачу даних, а також мережеві методи, що ставлять за мету забезпечення безпечного зв'язку та обміну інформацією між пристроями. Фізичні методи, такі як фізична обмеження доступу до пристроїв або виявлення фізичних атак, також розглядаються як ефективні способи захисту систем Інтернету речей. Крім цього, висвітлюється важливість використання методів машинного навчання та аналізу даних для виявлення атак та попередження потенційних загроз. Заходи забезпечення конфіденційності та цілісності даних включають в себе застосування шифрування, цифрових підписів та контроль доступу. Використання цих методів та технологій сприяє підвищенню рівня кібербезпеки в системах Інтернету речей, забезпечуючи надійність та безперебійне функціонування цих систем.

Інтеграція кібербезпеки в проектування та розробку систем Інтернету речей. Врахування аспектів кібербезпеки на кожному етапі проектування та розробки систем Інтернету речей має критичне значення для забезпечення безпеки цих систем. Це означає, що кібербезпеку потрібно розглядати як фундаментальний аспект, який влітається в кожен шар і компонент системи. Включення заходів захисту в архітектуру, комунікаційні протоколи, програмне забезпечення та інфраструктуру дозволяє ефективно запобігати атакам та зберігати конфіденційність, цілісність та доступність даних. Розробники мають приділяти увагу визначенню потенційних загроз та вразливостей, щоб попередньо запланувати відповідні заходи безпеки. Крім того, інтеграція кібербезпеки повинна бути тривалим процесом, включаючи тестування безпеки, моніторинг, оновлення та співпрацю зі стандартами та регулюючими органами. Забезпечення кібербезпеки на ранніх етапах розробки допоможе зменшити ризики та забезпечити стійкі та безпечні системи Інтернету речей.

Роль машинного навчання та штучного інтелекту у виявленні та запобіганні атакам.

Машинне навчання та штучний інтелект відіграють важливу роль у виявленні та запобіганні атакам у системах Інтернету речей. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних та виявляти аномальні зміни у поведінці системи, що може свідчити про потенційну атаку. Штучний інтелект може використовуватись для розробки систем ідентифікації та автентифікації, що забезпечують безпеку доступу до систем Інтернету речей. Машинне навчання також може бути застосоване для побудови моделей прогнозування загроз та аналізу потенційних ризиків. Це допомагає передбачати можливі атаки та приймати вчасні заходи для їх запобігання. Застосування штучного інтелекту дозволяє системам Інтернету речей виявляти нові типи загроз та атак, які можуть еволюціонувати з часом. Однак, разом з перевагами, пов'язаними з машинним навчанням та штучним інтелектом, виникають і виклики. Наприклад, навчання моделей машинного навчання може вимагати великого обсягу даних, а також потребувати постійного нагляду та оновлення, оскільки атаки Інтернету речей постійно еволюціонують. Крім того, важливо забезпечувати етичне використання машинного навчання та штучного інтелекту, щоб уникнути ненавмисного порушення приватності користувачів та забезпечити справедливість та надійність систем Інтернету речей.

Перспективні підходи до захисту протоколів зв'язку та ідентифікації. Перспективні підходи до захисту протоколів зв'язку та ідентифікації в системах Інтернету речей включають використання криптографічних методів для забезпечення конфіденційності та цілісності передачі даних. Додатково, використання блокчейн технологій може забезпечити децентралізовану та недовійству ідентифікацію, запобігаючи підробленням та зловживанням доступом до систем. Іншим перспективним підходом є використання фізичних механізмів захисту, таких як фізичні токени або біометричні системи, що дозволяють підвищити рівень безпеки при ідентифікації користувачів. Крім того, розробка стандартів та протоколів, які враховують специфіку систем Інтернету речей та їх кібербезпеку, є ключовим напрямком для забезпечення безпеки комунікаційних процесів. Нарешті, використання механізмів машинного навчання та штучного інтелекту може допомогти виявляти та відстежувати атаки на протоколи зв'язку та ідентифікації, що сприяє постійному покращенню систем безпеки в контексті Інтернету речей.

Висновки. У сучасному світі, системи Інтернету речей набувають все більшої популярності і інтегруються в різні сфери нашого життя. Проте, зростання їхньої розповсюдженості приносить і нові виклики у сфері кібербезпеки. Кібербезпека є невід'ємною складовою систем Інтернету речей. Для успішного функціонування цих систем необхідно враховувати загрози та вразливості, застосовувати відповідні методи та технології захисту, інтегрувати кібербезпеку на кожному етапі проектування та розробки, використовувати машинне навчання та штучний інтелект для виявлення та запобігання атакам, а також розробляти перспективні підходи до захисту протоколів зв'язку та ідентифікації. Тільки шляхом комплексного підходу до кібербезпеки систем Інтернету речей ми зможемо забезпечити їх стабільну та безпечну роботу в майбутньому.

Список літератури

1. A Survey of IoT-Enabled Cyberattacks: Assessing Attack Paths to Critical Infrastructures and Services / I. Stellios et al. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. Vol. 20, no. 4. P. 3453–3495. URL: <https://doi.org/10.1109/comst.2018.2855563>.
2. Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges / I. Yaqoob et al. IEEE Wireless Communications. 2017. Vol. 24, no. 3. P. 10–16. URL: <https://doi.org/10.1109/mwc.2017.1600421>.
3. Internet of Things security and forensics: challenges and opportunities / M. Conti et al. Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 78. P. 544–546. URL: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.07.060>.
4. Internet of Things security: A survey / F. A. Alaba et al. Journal of Network and Computer Applications. 2017. Vol. 88. P. 10–28. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.04.002>.
5. Roman R., Zhou J., Lopez J. On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. Computer Networks. 2013. Vol. 57, no. 10. P. 2266–2279. URL: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.018>.

METHODS OF PROTECTION AGAINST ATTACKS IN INTERNET OF THINGS SYSTEMS: OPEN PROBLEMS AND PROMISING SOLUTIONS

Myroslava Vlasenko, Yuriy Khlaponin

***Abstract.** In today's world, where Internet of Things (IoT) systems are becoming an integral part of our daily lives, ensuring cyber security is a vital task. This work is devoted to the study of methods of protection against attacks in IoT systems and consideration of open problems faced by these systems. The importance of a comprehensive approach to the cybersecurity of IoT systems, which includes threat analysis, the application of effective protection methods and technologies, the integration of cybersecurity at every stage of design and development, the use of machine learning and artificial intelligence to detect and prevent attacks, as well as the development of forward-looking approaches to protection of communication and identification protocols. Only through a holistic approach to cyber security of IoT systems can their reliability and security be ensured in the era of the digital world. Given the constant development of technologies and the growth of the number of connected devices, ensuring cyber security in Internet of Things systems is becoming an urgent task that requires constant improvement and the introduction of new approaches. The research conducted in this work will contribute to the further development of secure IoT systems and ensuring their resistance to cyber-attacks.*

***Keywords:** Internet of Things; cyber security; protection methods; machine learning; identification; data security*

УДК 693.1

Аналіз сучасного стану нормативної бази України щодо стійкості до прогресуючого обвалення будівель і споруд

Фесун І.К., Вабіщевич М.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Дослідження явища прогресуючого обвалення будівель і споруд на сьогодні є новим викликом з точки зору забезпечення надійності будівельних об'єктів та безпеки життєдіяльності людей. Величезна кількість будівель і споруд, зруйнованих внаслідок бойових дій, спочатку були лише локально пошкоджені, а їх нестійкість до прогресуючого обвалення зумовила ланцюгову реакцію, яка врешті призвела до повного руйнування об'єктів. Дослідження, зокрема чисельними методами, цього явища дасть змогу виконувати проектування нових будівель і споруд, а також переглянути умови безпечної експлуатації існуючих об'єктів з урахуванням забезпечення стійкості до прогресуючого обвалення.

Ключові слова: прогресуюче обвалення; забезпечення стійкості; нормативне забезпечення; відмова елемента; нелінійність; чисельні дослідження, надійність.

З початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну явище прогресуючого обвалення будівель та споруд набуло масового характеру. Чималий відсоток будівель і споруд, зруйнованих внаслідок бойових дій, спочатку були лише локально пошкоджені, але нестійкість конструкцій до прогресуючого обвалення зумовила ланцюгову реакцію, що призвела в результаті до їх повного руйнування.

Мінімізація загрози виникнення та локалізація зон прогресуючого обвалення, з урахуванням реалій бойових дій, а також різноманітних аварійних ситуацій у мирний час (природні стихії, терористичні акти, побутові вибухи, помилки при проектуванні та зведенні), на сьогодні є одними з найважливіших задач з точки зору забезпечення надійності будівельних об'єктів. На думку авторів, умови безпечної експлуатації існуючих будівель та споруд мають бути переглянуті з урахуванням стійкості до прогресуючого обвалення, а проектування нових об'єктів повинне виконуватись з урахуванням чітких вимог відповідних будівельних норм.

В цій роботі виконано огляд нормативного супроводу щодо забезпечення стійкості конструкцій до прогресуючого обвалення в Україні, передбаченого національною гілкою (ДБН, ДСТУ, Настанови тощо) нормативної бази України.

Термінологія (терміни та визначення понять). Загалом, термінологія явища прогресуючого обвалення в нормативних документах України має невпорядкований характер. Крім вже названого «прогресуюче обвалення» можна зустріти ще «непропорційне руйнування» [1], «лавиноподібне руйнування» [1], «прогресуюче руйнування» [2], «непропорційне за обсягами порівняно з першопричиною пошкодження будівельного об'єкта в результаті будь-якого діяння» [3]. Це можна пояснити складністю перекладу з іноземних мов. Наприклад, в міжнародній спільноті, як правило, явище прогресуючого обвалення має лише один термін – це «progressive collapse». З «progressive» доволі просто знайти відповідність, а друге слово може мати лічену кількість перекладів лише тільки в технічній сфері, це як і руйнування, обрушення, і обвалення, і зрив, і, крах, і зім'яття тощо.

При цьому існує певна відмінність у визначенні поняття зазначеного явища:

- 1) в п.3.2. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення [4]:
«прогресуюче обвалення – обвалення будівлі внаслідок локального руйнування частини несучих конструкцій на одному чи декількох поверхах»;
- 2) в п.3.45. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [1]:
«непропорційне руйнування – процес глобального руйнування будівлі або споруди внаслідок локального пошкодження»;
- 3) в п.3.2.3 ДСТУ-Н Б А.1.1-81:2008 Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні вимоги до будівель і споруд. Настанова із застосування термінів основних вимог до будівель і

споруд згідно з тлумачними документами Директиви Ради 89/106/ЄЕС [3]:

«непропорційне за обсягами порівняно з першопричиною пошкодження будівельного об'єкта в результаті будь-якого діяння – пошкодження будівель та споруд в результаті таких подій, як вибухи, ударні навантаження, перевантаження чи внаслідок людських помилок, яких можна було б уникнути чи обмежити без допустимих труднощів або витрат».

Таким чином, ключова відмінність полягає у тому, що в першому та другому випадках явище обвалення це процес, а в третьому - результат; в другому випадку словосполучення «локальне пошкодження» не розкриває поняття, що було пошкоджене, а також ділянку появи та величину пошкодження (як у першому випадку – руйнування частини несучих конструкцій на одному чи декількох поверххах); в третьому випадку відсутні деякі події, що можуть також впливати на пошкодження, наприклад, пожежі або карстові провали.

Сфера застосування. Відповідно до п.4.1.6 ДБН В.1.2-14:2018 [1] будівельні конструкції й основи повинні відповідати ряду вимог, у тому числі «мати живучість по відношенню до локальних руйнувань і передбаченими нормами аварійних впливів (пожеж, вибухів, наїздів транспортних засобів), виключаючи при цьому явища непропорційного руйнування, коли загальні пошкодження виявляються значно більшими, ніж первісне збурення, що їх викликало», однак при цьому відповідно до п.6.4.1 ДБН В.1.2-14:2018 [1] «розрахунок на непропорційне руйнування під дією аварійних навантажень проводиться для об'єктів класів наслідків СС2 та СС3, якщо не передбачені інші заходи, які виключають їх непропорційне руйнування». Виникає питання, а чи можливо повністю виключити прогресуючого обвалення? На думку науковців з США [5], ризик виникнення прогресуючого обвалення будівель та споруд неможливо усунути, але їм можна керувати. Таким чином, згідно вищезгаданого документа розрахунок на прогресуюче обвалення можна не виконувати за умови виконання інших заходів, що не зовсім логічно сприймається.

Також відповідно до п.4.2. ДБН В.1.1-7:2016[6] «будинки, що мають клас наслідків (відповідальності) СС3 слід розраховувати на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі», що в свою чергу, порівнюючи з п.6.4.1 ДБН В.1.2-14:2018 [1] та п.4.15 ДСТУ Н Б В.2.6 205:2015 [7], ігнорує об'єкти класу відповідальності СС2.

Вимоги та рекомендації до об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівель та споруд. Ці вимоги та рекомендації за діючими нормативними документами України досить узагальнені та не вміщують прикладного значення. До основних можна віднести: розгляд декількох об'ємно-планувальних рішень (не менше 3 для СС2, не менше 5 для СС3) [8]; нерозрізність конструктивної схеми будівлі [1, 4, 7]; застосування рамних і багатоп'язевих систем [4]; застосування систем захисту вузлів та елементів каркаса [1, 4]; резервування несучої здатності головних несучих конструкцій [1]; включення до роботи просторової системи ненесучих конструкцій [1, 9].

Вимоги та рекомендації до розрахунків на стійкість до прогресуючого обвалення. Ці вимоги наводяться переважно в нормативних документах України, які набули чинності не раніше 2015 року. Ключовими пунктами цих вимог є: виконання розрахунків на аварійні сполучення навантажень [4, 7]; виконання розрахунків з урахуванням фізичної нелінійності матеріалів [4, 9]; виконання розрахунків з урахуванням геометричної нелінійності конструкцій [9]; виконання розрахунків шляхом видалення окремих конструкцій з конструктивної системи [4]; прийняття розрахункових опорів матеріалів, що відповідають їх характеристичним значенням [4, 7]; прийняття коефіцієнтів надійності за навантаженням за одиницю [7]; нерегламентування величини деформацій і ширину тріщин [4, 7].

Слід зазначити про відсутність алгоритму виконання розрахунків на стійкість до прогресуючого обвалення в нормативній базі України. Тобто для виконання обов'язкових вимог норм щодо розрахунку конструкцій на явище прогресуючого обвалення інженер-проектувальник повинен змоделювати цей процес на основі виключно власного досвіду, рекомендацій розробників обчислювальних комплексів та довідкової літератури. Також виникають питання щодо визначення критерію руйнування конструкцій, постановки задачі (статична чи динамічна), способів врахування нелінійної роботи конструкцій тощо.

Висновок. Сучасний стан національної гілки нормативної бази України щодо стійкості до

прогресуючого обвалення будівель та споруд можна охарактеризувати, як малозабезпечений та невідповідний. Це стосується питань, як термінології, так і сфери застосування.

Ключовим є те, що окремими державними нормативними документами у сфері будівництва встановлено вимогу виконання умови забезпечення стійкості проти прогресуючого обвалення, однак норм, які б регламентували чіткий алгоритм дій з дотримання цих вимог поки не розроблено.

Список літератури

1. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с. – Чинний від 01.01.2019.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-41:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на закарстованих територіях. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 94 с. – Чинний від 01.04.2019.
3. ДСТУ-Н Б А.1.1-81:2008. Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні вимоги до будівель і споруд. Настанова із застосування термінів основних вимог до будівель і споруд згідно з тлумачними документами Директиви Ради 89/106/ЄЕС. – К.: Мінрегіон України, 2008. – 11 с. – Чинний від 01.10.2008.
4. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 50 с. – Чинний від 01.01.2020.
5. Ellingwood B. R. et al. Best practices for reducing the potential for progressive collapse in buildings. – 2007.
6. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 39 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.6-205:2015. Настанова з проектування монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій будівель та споруд. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 28 с. – Чинний від 01.01.2016.
8. ДБН В.2.2-16:2019. Культурно-видовищні та дозвілєві заклади. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 97 с. – Чинний від 01.11.2019.
9. Наказ від 06.08.2022 № 144 Міністерства розвитку громад та територій України «Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів».

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE REGULATORY FRAMEWORK OF UKRAINE REGARDING RESISTANCE TO PROGRESSIVE COLLAPSE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Ihor Fesun, Maksim Vabishchevich

***Abstract.** The study of the phenomenon of progressive collapse of buildings and structures is a new challenge today from the point of view of ensuring the reliability of construction objects and the safety of people's lives. A huge number of buildings and structures destroyed as a result of hostilities were initially only locally damaged, and their instability to progressive collapse caused a chain reaction that eventually led to the complete destruction of the objects. The study, in particular by numerical methods, of this phenomenon will make it possible to carry out the design of new buildings and structures, as well as to review the conditions of safe operation of existing objects, taking into account the provision of resistance to progressive collapse.*

***Keywords:** progressive collapse; stability assurance; regulatory support; element failure; nonlinearity; calculations.*

УДК 69.059; 69.003; 72.025

Математичне моделювання оптимізації процесів ліквідації пошкоджень цегляних будівель

Ковров А.В., Менейлюк О.І., Руссий В.В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна

Анотація. На території України внаслідок воєнних дій та терористичних атак мають пошкодження десятки тисяч будівель. Ліквідувати ці пошкодження необхідно при наявності обмеженої кількості ресурсів у найкоротші строки. Дослідження присвячено оптимізації організаційно-технологічних рішень процесів ліквідації пошкоджень цегляних будівель, що були отримані внаслідок воєнних дій. Математичне моделювання оптимізації дозволяє скоротити тривалість та вартість ліквідації пошкоджень.

Комплексний процес пошуку оптимальних організаційно-технологічних рішень процесів ліквідації пошкоджень відбувався за допомогою: проведення багатокритеріального аналізу з визначення рівнів ефективності використання конструктивно-технологічних рішень; визначення залежностей показників ліквідації пошкоджень від факторів, що на них впливають за допомогою експериментально-статистичного моделювання згідно обраних планів експериментів; оптимізації організаційно-технологічних рішень ліквідаційних процесів з урахуванням діючих обмежень показників та факторного простору. При цьому використовувались програмні комплекси: Microsoft Project, АВК 5, Microsoft Excel, COMPEX, CorelDraw х6, AutoCAD.

В рамках дослідження визначено оптимальні поєднання значень факторів для отримання найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень ліквідації пошкоджень цегляних шкіль, побудованих за типовим проектом, з урахуванням діючих обмежень. Розроблено рекомендації з оптимізації організаційно-технологічних рішень ліквідації пошкоджень цегляних будівель та технологічну карту на відновлення основного виду пошкоджень цегляних стін по обраному найбільш ефективному конструктивно-технологічному рішенню.

Використання результатів дослідження може дозволити скоротити вартість на 3,6-7,6 % (це складає тільки на прикладі одного об'єкту на 0,636...1,302 млн. грн) та тривалість на 20-34% процесів ліквідації пошкоджень цегляних будівель, отриманих внаслідок воєнних дій.

Ключові слова: пошкодження внаслідок воєнних дій; ліквідація пошкоджень цегляних будівель; математичне моделювання; програми комплексу: Microsoft Project, АВК 5, Microsoft Excel, COMPEX, CorelDraw х6, AutoCAD; організаційно-технологічні рішення; оптимізація рішень.

За останніми даними по Україні здійснено понад 8 000 ударів авіації, випущено більше 4700 ракет та постійно наносяться артилерійські удари (біля 40 000 – 50 000 снарядів щоденно) [1-3]. Ліквідації пошкоджень потребують десятки тисяч будівель.

Згідно заяви президента України Зеленського В.О. для відбудови України знадобиться понад 1 трильйон доларів [4, 5].

В нормативних документах України та офіційних рекомендаціях відсутні вказівки з вибору найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень для ліквідації пошкоджень будівель.

Оптимізація організаційно-технологічних рішень дозволяє знизити кошторисну вартість та зменшити тривалість процесів ліквідації пошкоджених внаслідок воєнних дій будівель.

Тому питання оптимізації процесів ліквідації пошкоджень будівель в Україні є актуальним в поточній та майбутній перспективах.

В дослідженні використовувались наступні відомі та нові методики та методи: розроблена методика вибору пошкоджених будівель для проведення експериментально-статистичного аналізу; відомі методика багатокритеріального аналізу для визначення рівнів ефективності конструктивно-технологічних рішень з ліквідації окремих видів пошкоджень; методика експериментально-статистичного моделювання та теорія планування експериментів [6-15].

В рамках дослідження проаналізовано стан пошкоджених внаслідок воєнних дій будівель та споруд за період з початку війни до сьогодні. Встановлено, що за конструктивною ознакою серед них найбільш розповсюджений тип – цегляні будівлі (74,26 %) та визначено характер їх пошкоджень. Наступними за розповсюдженістю йдуть пошкоджені панельні, крупноблочні та

каркасні (14,08 %) та інші будівлі та споруди (11,66 %).

За розробленою методикою вибору пошкоджених будівель для проведення експериментально-статистичного аналізу обрано найбільш соціально значущу та розповсюджену пошкоджену внаслідок воєнних дій цегляну будівлю - комунальний навчальний заклад Київської обласної ради «Васильківський професійний ліцей» у м. Васильків, Київська область. Він побудований за типовим типовим проєктом: 2-02-76К (шифр 188К), середня школа (школа-інтернат) на 520 учеників, який має розповсюдження на території України. Дана школа пошкоджена прямим влучанням: зруйнована частина несучих конструкцій вище нульової відмітки (цегляні внутрішні та зовнішні стіни, перемички, кроквяна система, перекриття), пошкоджені усі прорізи, покрівельне покриття, внутрішнє та зовнішнє оздоблення, цегляні перегородки.

Характер пошкоджень цегляних будівель внаслідок впливу воєнних дій поділено на 2 випадки згідно до причин виникнення. Перший випадок - вибух стався поряд з будівлею з цегли. В такому разі майже в усіх випадках пошкоджень зазнають: оздоблення зовнішніх стін, прорізи (віконні та дверні) та покрівля. Другий випадок - вибух великої потужності, поряд з будівлею з цегли або наявне пряме влучання. В цьому випадку відбувається часткове руйнування несучих конструкцій і пошкодження (або руйнування) пов'язаних з ними елементів. Під пов'язаними елементами в даному випадку розуміються елементи будівель, що пошкоджуються (руйнуються) не від впливу вибуху, а від його наслідків. До них відносяться спричинені вибухами: пожежі, перерозподіл навантажень, обвалення елементів тощо. В рамках даного дослідження розглядався саме другий випадок, тому що він найбільш розповсюджений. Пошкодження (руйнування) елементів цегляних будівель супроводжуються виникненням великої кількості поодиноких та сіток тріщин в цегляних стінах (основний вид пошкоджень цегляних стін).

Встановлено 73 конструктивно-технологічних рішення, які можуть використовуватись для ліквідації основного виду пошкоджень цегляних стін. Для визначення рівнів ефективності їхнього застосування відібрано для порівняння 55-ть конструктивно-технологічних рішень, які мають найбільшу область використання при ліквідації основного виду пошкоджень цегляних стін.

За методикою багатокритеріального аналізу поетапно порівняно 55-ть конструктивно-технологічних рішень ліквідації основного виду пошкоджень цегляних стін. Порівняння проводилось за шістьма найбільш значущими критеріями ефективності («збільшення товщини стіни після відновлення з урахуванням вимог енергоефективності», «експлуатаційна довговічність», «можлива глибина закладення тріщини», «діапазон можливої глибини закладення тріщини», «вартість ліквідації пошкоджень ділянки стіни з урахуванням вимог енергоефективності зовнішніх стін» та «універсальність використання для елементів цегляних стін»).

При порівнянні обраних технологій за методикою багатокритеріального аналізу критерії ефективності варіювались у таких межах:

- «збільшення товщини стіни після відновлення з урахуванням вимог енергоефективності» - від 126 до 400 мм;
- «експлуатаційна довговічність» - від 15 до 100 років;
- «можлива глибина закладення тріщини» - від 40 до 380 мм;
- «діапазон можливої глибини закладення тріщини» - від 5 до 60 мм;
- «вартість ліквідації пошкоджень ділянки стіни з урахуванням вимог енергоефективності зовнішніх стін» - від 1029,77 до 27775,14 грн/м.п.;
- «універсальність використання для елементів цегляних стін» - від 1 до 3.

В результаті виконання багатокритеріального аналізу обрано одне з найбільш ефективних рішень ліквідації основного виду пошкоджень цегляних стін - «Патент GB 593998 Спосіб ремонту тріщин в стінах». Багатокритеріальний аналіз порівняння конструктивно-технологічних відновлення цегляних стін відбувався за допомогою інструментарію програмного комплексу Microsoft Excel.

Для проведення математичного моделювання оптимізації процесів ліквідації пошкоджень типової школи обрано найбільш значущі показники: «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» та «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)». Обрано фактори, що здійснюють найбільший вплив на показники відновлення: «ступінь пошкоженості цегляної кладки (X_1)», «ступінь

пошкодженості даху (X_2)», «вартість фасадного оздоблення (X_3)» та «ступінь пошкодженості цегляної кладки (R_1)», «ступінь пошкодженості даху (R_2)», «трудомісткість фасадного оздоблення (R_3)», «суміщеність робіт (R_4)».

Згідно теорії планування експериментів обрано два скорочених плани проведення експерименту, що дають змогу отримати адекватні значення. Згідно до обраних планів побудовано 15 кошторисних моделей для показника «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» та 25 організаційно-технологічних моделей для показника «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)». Для складання проєктно-кошторисної документації використовувались програмні комплекси АВК 5 та AutoCAD. Організаційно-технологічні моделі процесів ліквідації пошкоджень будувались за допомогою програмного комплексу Microsoft Project.

Натурні значення факторів, що впливають на показник «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» варіювались у таких межах:

- «ступінь пошкодженості цегляної кладки (X_1)» від 15,47 до 46,41 %;
- «ступінь пошкодженості даху (X_2)» від 18,15 до 54,45 %;
- «вартість фасадного оздоблення (X_3)» від 137,88 до 221,40 грн/м².

Натурні значення факторів, що впливають на показник «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)» варіювались у таких межах:

- «ступінь пошкодженості цегляної кладки (R_1)» від 15,47 до 46,41 %;
- «ступінь пошкодженості даху (R_2)» від 18,15 до 54,45 %;
- «трудомісткість фасадного оздоблення (R_3)» від 3,09 до 3,85 люд.-год./м²;
- «суміщеність робіт (R_4)» від 77,4 до 79,1 %.

В результаті побудови моделей згідно обраних планів експерименту знайдені значення показників відновлення, а саме: «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» та «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)».

На основі отриманих даних виконано математичне моделювання в програмному комплексі SOMPEX, результатом якого є встановлення характеру взаємозв'язків між показниками ліквідації пошкоджень та факторами, що на них впливають у вигляді аналітичних та графічних залежностей. Виконано аналіз отриманих рівнянь, діаграм ступенів впливу кожного з факторів на показники ліквідації пошкоджень окремо, а саме: визначено рівень впливу кожного з факторів на досліджувані показники за допомогою побудованого в програмному комплексі SOMPEX ранжування факторів за рівнем їх значущості; виконано аналіз побудованої в програмному комплексі SOMPEX кубічної діаграми впливу факторів на показник «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)»; виконано аналіз побудованої за визначеною схемою діаграми «квадрат на квадраті» залежності показника «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)» від факторів, що на нього впливають.

Для пошуку оптимальних значень показників відновлення на отримані графічні залежності накладено обмеження. Вони застосовувались як до факторного простору так і для показників ліквідації пошкоджень. А саме прийнято такі обмеження: показників «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» $Y_1 = 17$ млн. грн. та «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)» $Y_2 = 250$ днів; факторів «вартість фасадного оздоблення (X_3)» $X_3 = 184,11 \dots 221,40$ грн/м² та «суміщеність робіт (R_4)» $77,4 \dots 78,3$ %.

Зони оптимальних значень показників відновлення в роботі позначені на графічних залежностях (рис. 1, 2). Для побудови рисунків використовувався графічний редактор CorelDraw x6. Пошук зон оптимальних значень показників відновлення відбувався при одночасній дії всіх накладених обмежень.

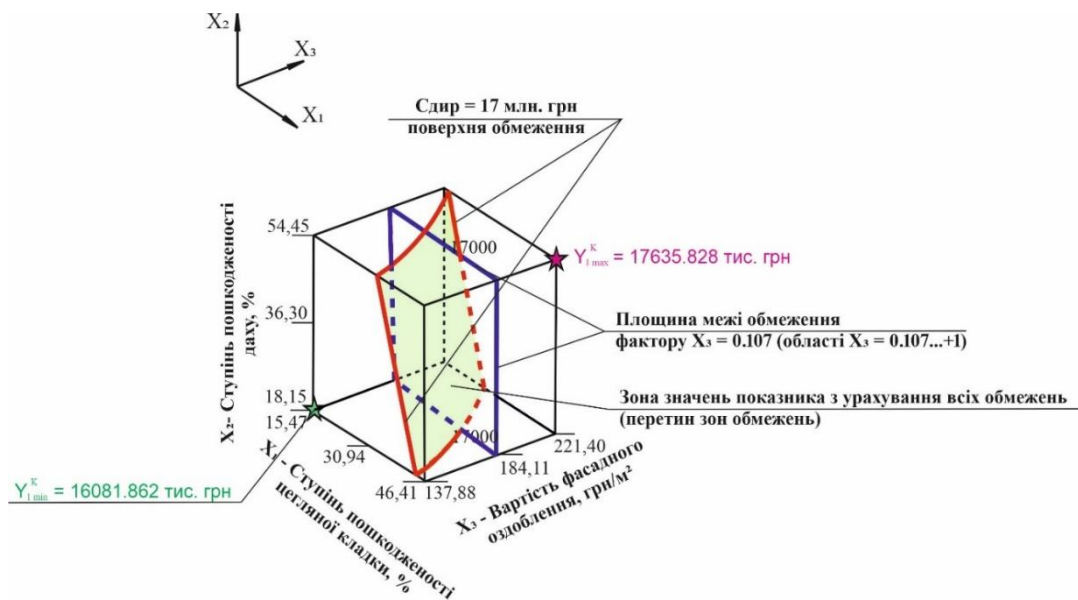


Рис.1. Зона оптимальних значень показника «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» при одночасному накладенні обох обмежень

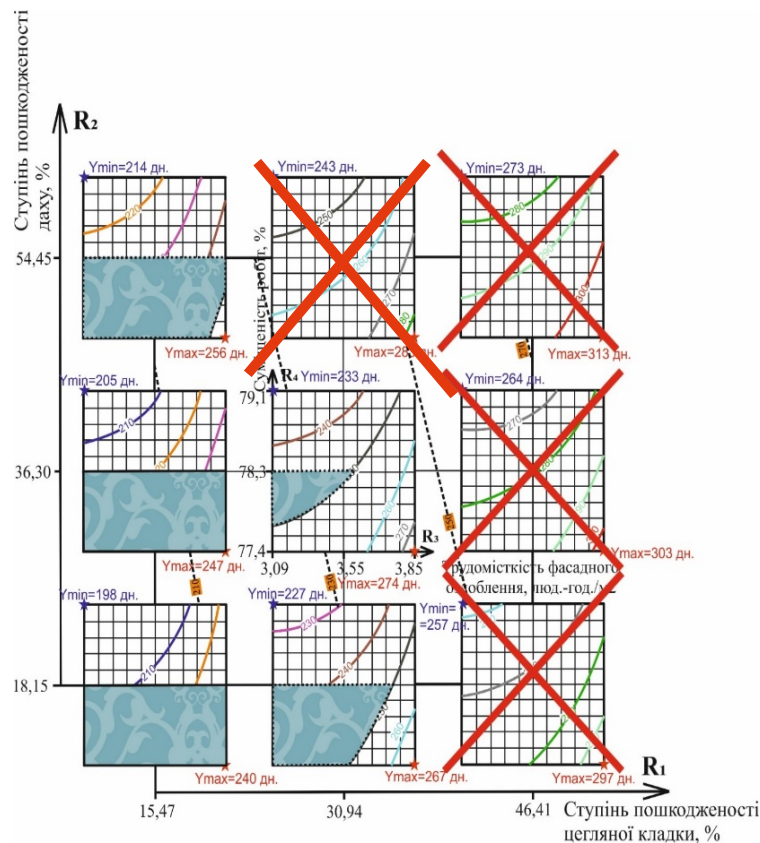


Рис.2. Зона оптимальних значень показника «тривалість ліквідації пошкоджень школи (Y_2)» при одночасній дії накладених обмежень

З рисунку 1 видно, що зона оптимальних значень показника «вартість ліквідації пошкоджень школи (Y_1)» складає $Y_1 = 16,323...17,000$ млн. грн. Зниження вартості ліквідації пошкоджень порівняно з проектним рішенням з урахуванням заданих обмежень складає $Y_1 = 0,636...1,302$ млн. грн. При цьому фактори «ступінь пошкоженості цегляної кладки (X_1)», «ступінь пошкоженості даху (X_2)» та «вартість фасадного оздоблення (X_3)» варіюються у таких межах $X_1 = 15,47...37,2$ %, $X_2 = 18,15...54,45$ %, $X_3 = 184,11...221,40$ грн/м².

З рисунку 2 видно, що зона оптимальних значень показника «тривалість відновлення школи (Y_2)» складає $Y_2 = 207...250$ днів. Зниження тривалості ліквідації пошкоджень порівняно з

проектним рішенням з урахуванням заданих обмежень складає $Y_2=63\dots106$ днів. При цьому фактори «ступінь пошкодженості цегляної кладки (R_1)», «ступінь пошкодженості даху (R_2)», трудомісткість фасадного оздоблення (R_3) та «суміщеність робіт (R_4)» варіюються у таких межах $R_1 = 15,47\dots30,94$ %, $R_2 = 18,15\dots54,45$ %, $R_3 = 3,09\dots3,89$ люд.-год./м², $R_4 = 77,4\dots78,3$ %.

Основний результат дослідження полягає у розробці та вдосконаленні методик, визначенні закономірностей зміни та оптимізації значень основних показників організаційно-технологічних рішень на прикладі ліквідації пошкоджень (отриманих внаслідок воєнних дій) цегляної школи, побудованої за типовим проектом.

В результаті проведеного дослідження визначено оптимальні поєднання значень факторів для отримання найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень ліквідації пошкоджень (отриманих внаслідок воєнних дій) цегляних шкіл, побудованих за типовим проектом, з урахуванням діючих обмежень. В рамках дослідження розроблено рекомендації з оптимізації організаційно-технологічних рішень ліквідації пошкоджень (отриманих внаслідок воєнних дій) цегляних будівель та технологічну карту на ліквідацію основного виду пошкоджень цегляних стін по обраному найбільш ефективному конструктивно-технологічному рішенням.

Використання результатів дослідження може дозволити скоротити вартість на 3,6-7,6 % (це складає тільки на прикладі одного об'єкту на 0,636...1,302 млн. грн) та тривалість на 20-34% ліквідації пошкоджень (отриманих внаслідок воєнних дій) цегляних будівель з урахуванням діючих обмежень.

Список літератури

1. З початку війни росія здійснила вже 4,5 тисяч ракетних ударів по Україні. URL: <https://is.gd/T7okoE> (дата звернення 30.10.2022).
2. Росія вже випустила по Україні понад 4700 ракет – Зеленський. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2022/11/20/7377182/> (дата звернення 25.11.2022).
3. Росія щодня випускає по 40-50 тисяч снарядів по Україні – Подоляк. URL: <https://is.gd/trilF04> (дата звернення 01.09.2022).
4. Для відбудови України потрібно більше 1 трлн доларів, - Зеленський URL: <https://is.gd/XK96Su> (дата звернення 30.11.2022).
5. Президент презентує проект кандидатства Одеси на організацію Міжнародної виставки у 2030 році. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=APFrcLWu0wE> (дата звернення 30.11.2022).
6. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений / А. И. Меньлюк, М. Н. Ершов, А. Л. Никифоров, И. А. Меньлюк. К.: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с.
7. Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В. ЭС-модели «КОНСТАНТ» квазифундаментальных моделей в компьютерном строительном материаловедении. Научный вестник строительства. 2007. Вып. 42. С. 39-45.
8. Lee S., Ha M. Customer interactive building information modeling for apartment unit design. Automation in Construction. 2013. V. 35. P. 424–430.
9. Optimization of architectural, constructive, organizational and technological decisions of civil construction. Monograph / Ievgenii Klymenko and other ; general edition by O. Menejljuk, O. Nikiforov. Riga: Omni Scriptum Publishing, 2019, p. 111.
10. Зельцер Р.Я., Беленкова О.Ю., Дубінін Д.В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
11. Goldfarb, H. B., Borror, C. M., Montgomery, D. C., and Anderson-Cook, C. M. Using Genetic Algorithms to Generate Mixture-Process Experimental Designs Involving Control and Noise Variables. Journal of Quality Technology. 2005. 37. P. 60–74.
12. Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В., Огарков Б. Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. К.: Вища шк., 1989. 328 с.
13. Ковальов В. В., Данилова Т. В., Єпіфанцева С. В. Систематизація організаційно-технологічних та інших факторів, які впливають на вартість будівництва об'єктів, з урахуванням вимог щодо їх енергоефективності і екологічності. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2018. № 6. С. 57–64.
14. Allen, T. T., Yu, L., and Schmitz, J. An Experimental Design Criterion for Minimizing Meta-Model Prediction Errors Applied to a Die Casting Process Design. Applied Statistics. 2003. 52. P. 103–117.
15. Арутюнян І. А., Коваленко М. Г. Детерміновані та недетерміновані фактори, що впливають на вихідні умови задач оптимізаційно-організаційних процесів будівельного виробництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. прац. Київ: КНУБА, 2020. № 43. С. 59-66.

MATHEMATICAL MODELING OF OPTIMIZATION OF LIQUIDATION PROCESSES DAMAGED FOR BRICK BUILDINGS

Anatoly Kovrov, Aleksandr Menevlyuk, Viktor Russyi

Abstract. *On the territory of Ukraine, tens of thousands of buildings have been damaged as a result of military operations and terrorist attacks. The liquidation of damages needs to be done within the shortest possible timeframe due to limited resources. The research is dedicated to optimizing the organizational and technological solutions for the process of liquidation damages to brick buildings caused by military actions. Mathematical modeling of optimization allows for reducing the duration and cost of damage liquidation.*

The comprehensive process of searching for optimal organizational and technological solutions for damage liquidation was carried out using the following: conducting multicriteria analysis to determine the levels of efficiency in utilizing constructive and technological solutions; establishing dependencies between damage liquidation indicators and influencing factors through experimental-statistical modeling based on selected experimental plans; optimization of organizational and technological solutions for liquidation processes, taking into account existing constraints on indicators and factor space. The software complexes used included Microsoft Project, ABK 5, Microsoft Excel, COMPEX, CorelDraw x6, AutoCAD.

Within the scope of the research, optimal combinations of factor values were identified to obtain the most effective organizational and technological solutions for the liquidation of damages to brick schools constructed according to a standard design, considering existing constraints. Recommendations for optimizing the organizational and technological solutions for the liquidation of damages to brick buildings were developed, along with a technological map for restoring the primary type of damage to brick walls based on the selected most effective constructive and technological solution.

The utilization of the research results can lead to a cost reduction of 3.6-7.6% (equivalent to 0.636...1.302 mil. uah based on the example of a single object) and a duration reduction of 20-34% for the processes of liquidation of damages to brick buildings caused by military actions.

Keywords: *damage due to military actions; liquidation of damages to brick buildings; mathematical modeling; software complexes: Microsoft Project, ABK 5, Microsoft Excel, COMPEX, CorelDraw x6, AutoCAD; organizational and technological solutions; optimization of solutions.*

УДК 69.002.5 УДК 539.3

Сучасні ефективні методи оцінки напружено-деформованого стану конструкцій і споруд в умовах їх статичного та динамічного навантаження

Дєдов О.П., Вабіщевич М.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *Наведені результати досліджень динамічних характеристик технічних об'єктів під впливом навантаження природнього та техногенного походження. Об'єктом досліджень є процес розповсюдження коливальних в несучих конструкціях будівельних споруд. Однією з проблем при обстеженні і моніторингу будівельних об'єктів є оцінка динамічної дії на несучі елементи споруди. Існуючі нормативні документи і методики врахування динамічного впливу неповною мірою охоплюють дану проблему, про що свідчить наявність випадків аварійного стану експлуатованих споруд, які піддані динамічним навантаженням. Запропонований підхід в основу якого покладена гіпотеза про розгляд споруди і технологічного обладнання, що має динамічний вплив, як єдиної системи із відповідними їй динамічними характеристиками. Виявлені явища передачі коливальних загальної системи споруди дозволили сформулювати причини появи дефектів. Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці методик і технологій діагностування та встановлення причин надмірних коливальних несучих і огорожувальних конструкцій споруд при дії динамічного навантаження техногенного походження.*

Ключові слова: *вібраційна діагностика; власні частоти коливальних; форма коливальних; динамічне навантаження; акселерометр; віброприскорення; скінченно-елементна модель*

Тенденції створення нових виробництв лежить в площині використання існуючих будівель і переобладнання їх під виробничі приміщення із застосуванням новітнього обладнання. Як правило,

при створенні нових виробництв, або модернізації існуючих, використовують будівлі різного призначення з переобладнанням їх під виробничі приміщення із застосуванням новітнього обладнання. Така технологія цілком виправдана з точки зору заощадження коштів на спорудження нових конструкцій. Однак, у більшості випадків, така модернізація виконується без належних розрахунків та аналізу причинно-наслідкових зв'язків. Особливо це стає актуальним для складних об'єктів, коли питання безпеки і надійності будівельних конструкцій є особливо відповідальним. Як правило, такі будівлі і споруди відрізняються різноманітністю форм і об'ємів, великими прольотами і висотою, соціальним і культурним значеннями, історичною цінністю і т.д. [1].

Загальна методика виконання робіт з моніторингу технічних об'єктів передбачає розробку та створення комплексу заходів спрямованих на зниження ризику втрати несучою конструкцією властивостей, які визначають її надійність за рахунок своєчасного виявлення на початковій стадії негативної зміни напружено-деформованого стану несучих конструкцій.

Динамічний моніторинг технічного стану об'єкта виконується для отримання інформаційних даних з подальшою їх обробкою та визначення інтегральних характеристик об'єкту моніторингу (споруди, конструкції тощо), своєчасне виявлення на ранній стадії негативної зміни напружено-деформованого стану конструкцій і основ фундаментів, яка може спричинити перехід об'єкта в обмежено працездатний стан або аварійний стан.

У випадку модернізації існуючої моделі машини технологічного призначення, розрахункова модель в такому комплексі, дозволить проаналізувати технічний рівень конструкції та виконати прогнозування її надійності, а в комплексі з виконаними експериментальними дослідженнями оцінити поточний технічний стан, появу можливих відмов, тощо.

Особливої уваги заслуговують технічні об'єкти, які відносяться до архітектурних пам'яток і потребують постійного контролю за їх станом в умовах щільної забудови та розвитку інфраструктури територій їхнього розміщення.

Таким чином визначення адекватної моделі та реального технічного стану будівельної системи методом обстежень і постійного контролю в процесі експлуатації є окремим високотехнологічним напрямком в будівництві, який надає можливість розв'язання складних інженерних задач, направлених на забезпечення безвідмовної роботи будівель і споруд для своєчасного реагування на можливі в майбутньому проблеми.

На сучасному рівні розвитку будівельної галузі створення таких моделей стає необхідною умовою при створенні нових конструкцій (застосування ВІМ технологій). Тому застосування загальноприйнятої методики діагностування і моніторингу систем складної структури є питанням, яке потребує подальшого розвитку і вдосконалень. Задача створення і застосування таких систем моніторингу залежить від конкретного об'єкта дослідження, для якого мають бути враховані конкретні особливості.

Для використання вібраційної діагностики застосовується системний підхід, який включає: проведення первинного візуально-інструментального обстеження об'єкта і визначення відповідності прийнятих конструктивних рішень – проектним; побудову за отриманими результатами математичної моделі та параметричну перевірку її адекватності на основі тестових розрахунків, проведення натурних вимірювань параметрів стану існуючого об'єкту; уточнення математичної моделі; встановлення критеріїв оцінки параметрів, що підлягають контролю; виконання експериментальних досліджень та їх аналіз.

Визначені, на основі такого підходу, інтегральні характеристики об'єкта моніторингу (частота власних коливань, амплітуда коливань, форма коливань) підлягають аналізу з подальшим порівнянням цих характеристик з характеристиками, що отримані шляхом математичного моделювання даної системи складної структури [2]. Очевидно, що математична модель досліджуваного об'єкта має бути створена так, щоб адекватно описувати реальну конструкцію та її поведінку при різних навантаженнях, а також була здатна відобразити моделювання різного роду недосконалостей пов'язаних з виготовленням та безпосередньою експлуатацією за призначенням. На основі проведення таких досліджень можна оцінити характер і величину зміни напружено-деформованого стану елементів та конструкцій в цілому, що дасть можливість визначити якість

виготовлення конструкції і відповідність її проектним даним (виконання зварних швів, болтових з'єднань, цілісності конструкції).

Динамічний моніторинг може здійснюватися за різних умов: при експлуатації технологічного обладнання, або при мінімальних впливах техногенного походження; з відомими характеристиками динамічного впливу, або ж коли такі дані відсутні, тобто фактори впливу невідомі.

При наявності відомостей про параметри технологічного призначення, завдання динамічного моніторингу полягає у визначенні дійсних значень власних частот споруди та аналізуванні загальної моделі з метою запобігання можливих резонансних явищ у системі [3]. У такому випадку задача зводиться до побудови математичної моделі, перевірка її адекватності на основі отриманих експериментальних досліджень динамічних характеристик та моделювання з новим набором даних у разі модернізації виробництв, встановленні нового обладнання тощо.

У випадках, коли фактори (причини) динамічного впливу невідомі, завдання дещо ускладнюється. Насамперед необхідно визначити джерела такого впливу, особливо це стосується складних систем де потенційних джерел декілька, і вирішальним може виявитись не одиничне вібраційне джерело, а сукупність декількох. Здебільшого це притаманно виробництвам з встановленим рядом однотипних машин технологічного призначення [4].

Особливим випадком є об'єкти культурної спадщини, які перебувають в аварійному або близькому до аварійного стану [5]. Софійський Собор Національного заповідника «Софія Київська» теж відноситься до таких об'єктів. При попередніх обстеженнях будівлі виявлена велика кількість деформацій у внутрішніх і зовнішніх стінах в наслідок минулих подій. В зв'язку з комплексом існуючих і нових вібраційних навантажень, запропоноване гіпотетичне припущення про можливий вплив динамічних явищ на споруду Собору. З метою оцінювання таких динамічних впливів на Собор, був проведений ряд заходів, щодо визначення стану несучих конструкцій та прогнозування їх надійності.

Виконання досліджень полягало у експериментальному вимірюванні параметрів руху елементів несучих конструкцій в реальному часі з подальшою їх обробкою та визначенням динамічних характеристик таких елементів та споруди в цілому.

Реалізація досліджень була здійснена шляхом визначення інтегральних динамічних параметрів з подальшим аналізом і встановленням причинно-наслідкових зв'язків.

Для визначення мікросейсмічного фону довкілля, вимірювання виконувались на кількох рівнях по висоті, а також поблизу споруди на поверхні.

Влаштування основної опорної точки для базової станції на несучій стіні другого поверху і визначенням рівня мікросейсмічного фону в опорній точці.

На наступному етапі були здійснені записи динамічних процесів на інших конструктивних елементах синхронно з записами базової опорної точки вимірювань (рис. 1).

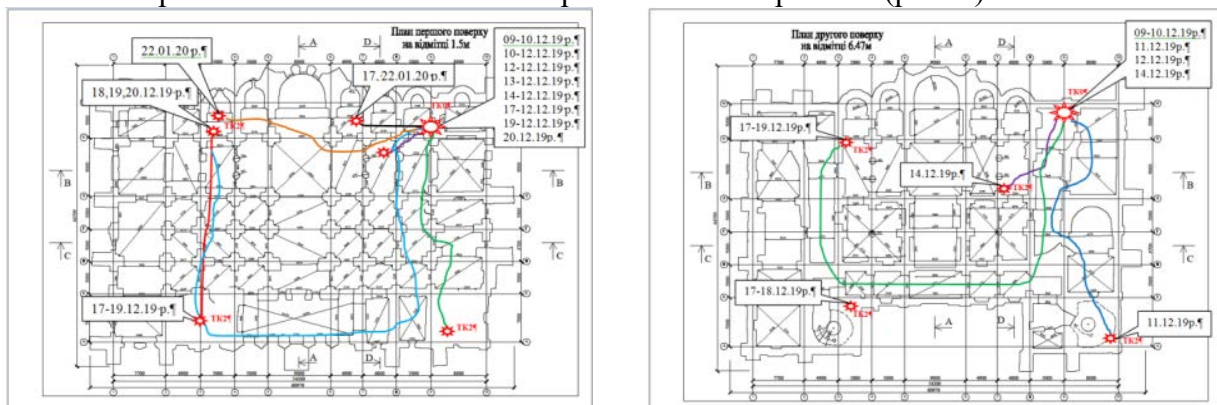


Рис. 1. Схема розміщення вимірювальних станцій.

Заключний етап вимірювань передбачав фіксування динамічного впливу від техногенних факторів впливу: під час проведення служіння, громадських святкових заходів і дорожнього руху.

Отримані результати безперервних записів були проаналізовані та проведена їх оцінка. Порівняльний аналіз спектральних характеристик при дії різного динамічного навантаження наведений на рис. 2

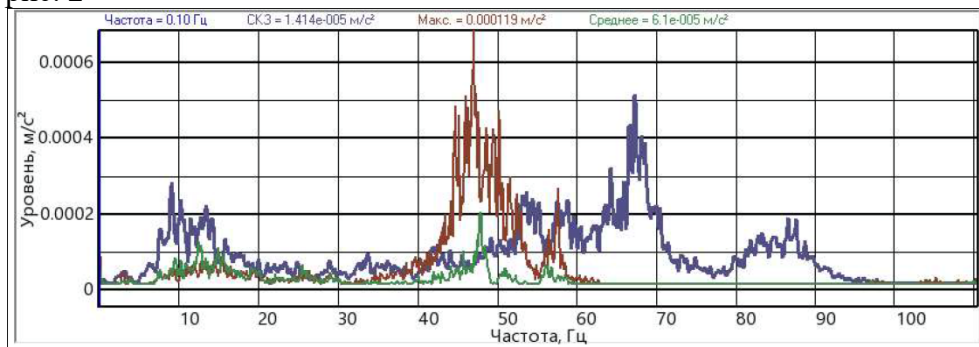


Рис. 2. Порівняльні спектри визначених вібраційних джерел, які діють на Собор, — при мінімальному впливі динамічних явищ; – при техногенному впливі; – при масових заходах на майдані біля собору.

Таким чином за отриманими результатами, вібраційні реакції основних елементів будівлі мають менший рівень, ніж очікувалось, з огляду на наявні деформації основних конструкцій споруди, які виявлені при інструментальних обстеженнях. Зовнішній стан основних конструкцій стабільний, динаміки подальшого розвитку деформацій не вбачається, про що свідчать спостереження і статичного моніторингу. На цій підставі, зроблений висновок: несучі конструкції знаходяться в нормальному стані, існуючі пошкодження в Соборі не впливають на безпеку і надійність історичної будівлі, за рахунок маси споруди, її геометричних розмірів в плані, розвинутих перерізах рядових елементів, вібраційна ситуація обмежено впливає на міцність і стійкість основних елементів об'єкта.

Виконані роботи з візуального обстеження на внутрішніх і зовнішніх стінах, виявили дефекти у вигляді тріщин в фресковому живописі, який відноситься до початку експлуатації будівлі і є безцінною тисячорічною художньою пам'яткою. При вибірковому огляді фресок основні дефекти пов'язані з відшаруванням від склепінчастої основи цем'яноквого шару. Процес відбувається переважно у верхній частині Собору. В цих місцях більш інтенсивно розвиваються деструктивні процеси, які прискорюють руйнування живопису і його основи. Одною з причин появи таких дефектів можливі динамічні процеси, при дії яких в окремих елементах оздоблення виникають явища близькі до резонансних і в сукупності з іншими чинниками впливають на розвиток дефектів.

Список літератури

1. Кендзера О.В., Белов І.Д., Щербіна С.В.... Експериментальна перевірка розрахункової вібраційної моделі Великої Лаврської Дзвіниці Києво-Печерського заповідника. Стаття. Геоінформатика №2 (58) 2016. 68-77 с.
2. I Nazarenko, O Dedov Investigation of complex structure systems based on spectral analysis / Technology audit and production reserves 6 (1 (50)). 2019, Vol 6/1 (50). P. 11-13
3. M.Vabischevich, O. Dedov, O. Glitin Numerical-experimental research of technological equipment foundations in dynamic impact conditions / Technology audit and production reserves. 2019, Vol 5/1 (49). P.
4. M.Vabischevich, O. Dedov, O. Glitin Experimental determination of the spectrum of structure vibrations under the influence of technological load / Technology audit and production reserves. 2019, Vol 4/1 (48). P. 39-42
5. I.Belov, M.Vabischevich, O.Dedov Numerical and experimental investigation of the cave passage model / Technology audit and production reserves. 2019, Vol 5/2 (49). P. 31-33

DYNAMIC MONITORING OF TECHNICAL OBJECTS

Oleg Dedov, Vabischevich Maksim

Abstract. The results of researches of dynamic characteristics of technical objects under the influence of loading of natural and technogenic origin are resulted. The object of research is the process of propagation of oscillations in the load-bearing structures of buildings. One of the problems in the inspection and monitoring of construction sites is the assessment of the dynamic effect on the load-bearing elements of the structure. Existing normative documents and methods of taking into account the dynamic impact do not fully cover this problem, the

presence of emergency situations of existing facilities that are subjected to dynamic loads. The proposed approach is based on the hypothesis of the considered structures and technological equipment that has a dynamic impact, as a single system with its corresponding dynamic characteristics. The identified phenomena of transmission of oscillations of the general system of the structure allowed to formulate the causes of defects. Methods of diagnostics and establishment of results of researches of developments and researches of quantity of incompatible enclosing designs at action of dynamic influence of a technogenic origin can be received.

Keywords: *vibration diagnostics; natural oscillation frequencies; oscillation form; dynamic loading; accelerometer; vibration acceleration; finite element model*

UDC 69.059

INFORMATION TECHNOLOGY OF NEURAL NETWORK MODELING IN DIAGNOSTICS OF TECHNICAL OBJECTS

Terentyev Oleksandr, Gorbatyuk Ievgenii, Volianiuk Volodimir

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. *The article proposes methodological bases of construction of information system of diagnostics of technical state of constructions of industrial buildings and structures and justification of efficiency of technologies of instrumental determination of parameters of buildings, structures at all stages of their life cycle, which are considered from the position of strategic information management. The statistic has analyzed the results of the experiment with the model of the automated system and the diagnostics of the technical staff in the future and rejected the results, which give the possibility of preventing the effective implementation of the neural measure, just like a laborious tool for the future. The causes of destruction of building structures in the process of technical diagnostics of construction facilities using neural networks of the information system were identified and analyzed. The reasons for the destruction of building structures have also been identified and analyzed. The processing of collected data and methods of their search and evaluation, which are carried out in the process of technical diagnostics of construction objects. To automate the processes of evaluation activity from information collection to decision-making, a system for storing, preparing and processing data on the basis of a neural network is proposed.*

Keywords: *building; neural network; damage; examination; destruction of the building; technical condition.*

To automate the processes of evaluation activities from information collection to decision-making requires a complex system of storage, preparation, data processing [1].

The test preparation subsystem has its own configurator, where the user can determine the amount of data that needs to be allocated for neural network testing and for training. The operation of the subsystem begins with the selection of data from the database using a configurable query [2].

Identification and analysis of the causes of destruction of building structures, development of methods for their search, and evaluation are carried out in the process of technical diagnostics of construction objects.

For technical diagnostics of buildings, it is necessary to structurally formalize the description and means of control of actual values of parameters of constructions of building constructions and their operational qualities. From them it is possible to allocate some most general, which essentially influence serviceability: durability and stability of building designs; heat-protective properties; tightness, especially building structures; sound insulation; light; humidity of building construction materials [3].

The list of such parameters and their normative or calculated values for each type of building structure is established by the project. Comparing the actual value of the parameter, established by expert assessment, with the normative, make a conclusion about the serviceability of the structure as a whole. Then a decision is made on measures to maintain this parameter at a given norm or calculation level. In the course of technical diagnostics, the following inspection methods are used: visual, visual-instrumental, non-destructive [4, 5].

Intelligent information technology for testing neural network during diagnostics of technical condition of buildings

After receiving the results of the query, the data goes to the module, which determines the types of

attributes and their data variants. The data has a numeric type is then separated from the data having a text type. Since the network cannot accept data as a text type, it is proposed to detail the table of non-numeric data, is to present each variant as an attribute that has a value of only “0” or “1” [6].

Data that are numerical also need to be processed. Since the input of the sigmoid neuron signals are given only in the range from 0 to 1, the values of parameters such as area, the price must be scaled.

The problem of approximating the functions of an artificial neural network, the complexity of which is unknown, requires application software with a wide range of configuration options. To do this, an object-oriented model of the network was developed, which allows you to easily manage its parameters (the number of layers, neurons in the layers). The model allows you to monitor each neuron separately and, if necessary, change its configuration (the type of activation function, learning speed, input signals, and connections with other neurons) [7].

Network management and configuration tools are dialog boxes for controlling layers over neurons in layers, as well as properties that are open for editing.

The software provides a modular structure to support the ability to integrate individual parts with other applications. In addition, the modular structure facilitates the further improvement of individual parts without dependencies on others [8].

Figure 1 shows a plan for conducting an experimental study of neural network testing.

The latest statistics collected from available Internet resources were used to test the network. To train an artificial neural network, the sample was 220 examples, of which 20 were used for network testing and 200 for training. The sample for network testing was not included in the data set correcting for synaptic coefficients. That is why it was the main indicator of efficiency [9, 10].

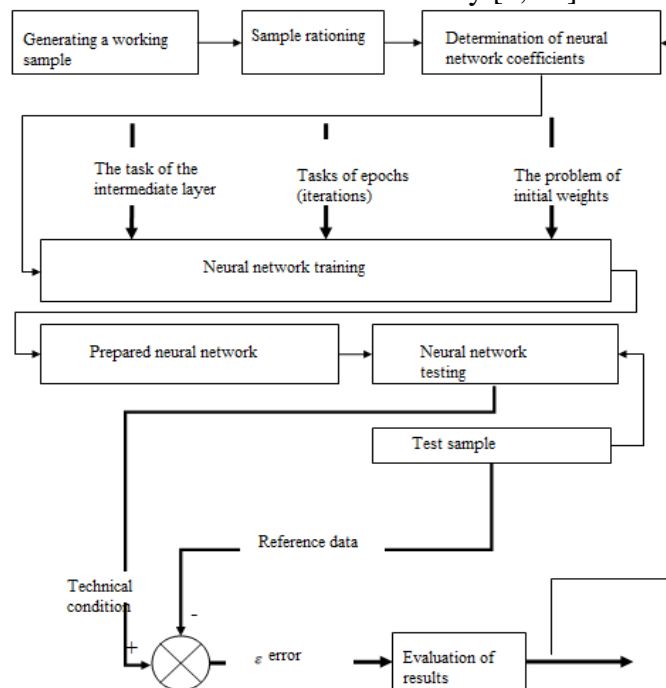


Fig. 1. Plan of experimental research of neural network testing

Since the input of the sigmoid neuron signals are given only in the range from 0 to 1, the system converts the entered data.

After normalization of the data, the neural network is adjusted, namely, the number of neurons in the hidden layer is selected 20. Next, the weight coefficients for the inner-0.1 and 0.5-outer layers of the neural network, as well as the number of epochs (iterations) 100 are presented in Figure 2.

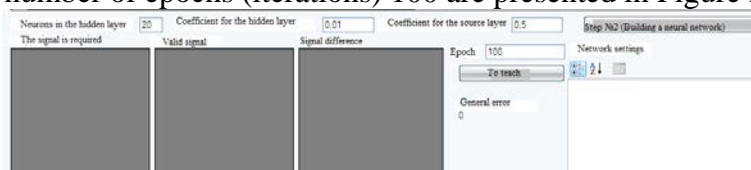


Fig. 2. Introduction of coefficients

After entering the coefficients, the training of the neural network begins. And the more quantities the longer the system learns. After training, the total identification error is determined. The neuron network is checked by a control sample and the result is obtained. Figure 3 shows the test result of the neural network.

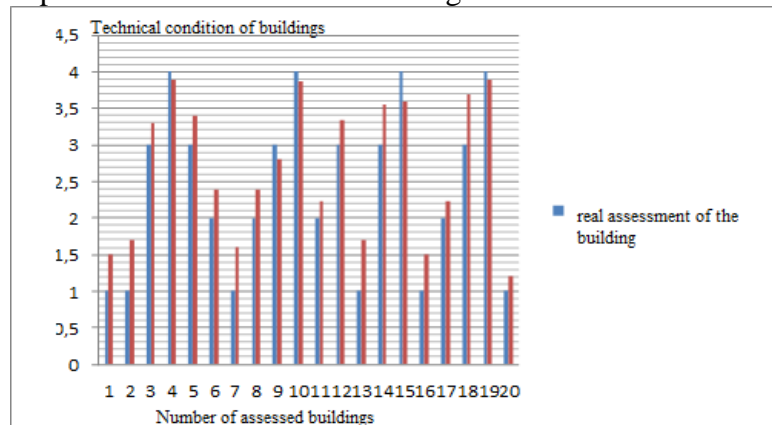


Fig. 3. Histogram of the test on real data

Learning an artificial neural network took 10 minutes 68,000 epochs. The graph of the dependence of the total root means square error on the number of the epoch of study is shown in Figure 4.

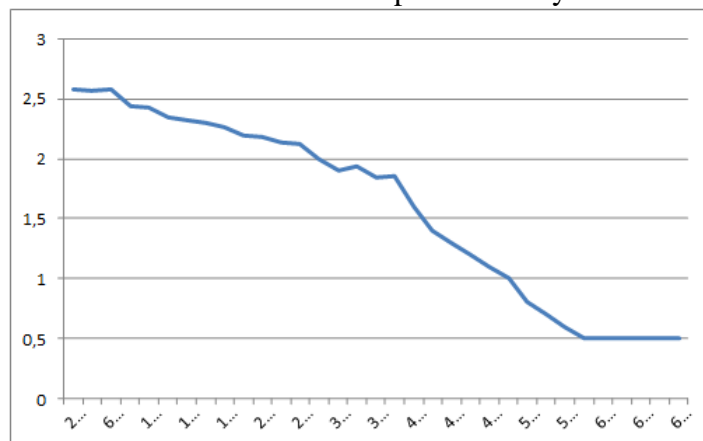


Fig. 4. Reducing the value of error in learning

A further increase in network learning examples and the number of criteria will reduce the overall network error.

First, a neural network is built and learned, which is shown in Figures 5.

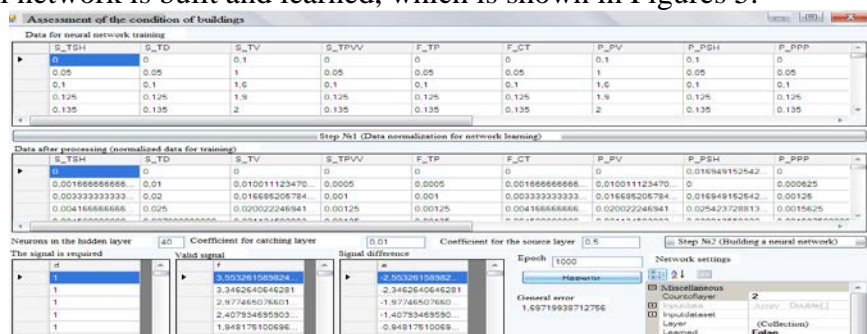


Fig. 5. Neural network training

After training the neural network, data about the buildings is entered, the “Give an answer” button is pressed, and the system produces the result shown in Figure 6.

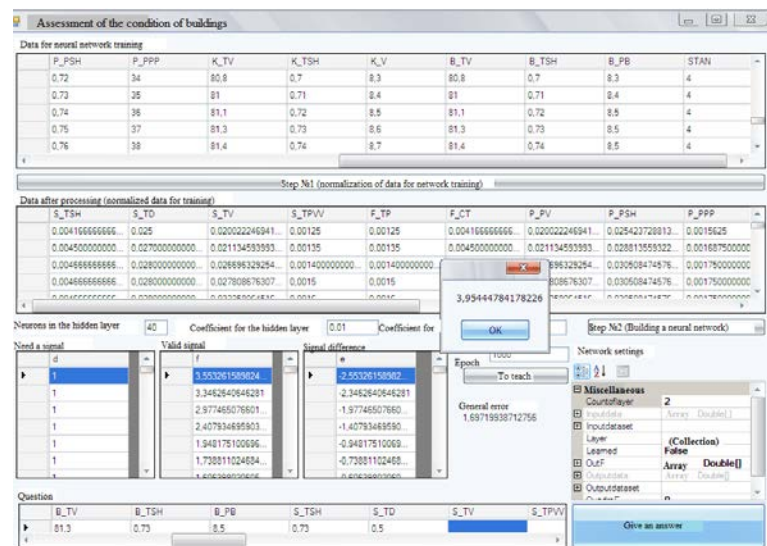


Fig. 6. The result of the neural network

For technical diagnostics of industrial buildings, parameters of constructions of building structures are determined, which significantly affect the operational suitability: strength and stability of building structures; thermal protection properties; tightness, especially building structures; sound insulation; illumination; humidity of materials of building structures.

The study proves the potential effectiveness of the use of neural networks for the analysis of the real estate market during the evaluation activity.

The study proves the potential effectiveness of using neural networks for an information system for diagnosing the technical condition of buildings. The results make it possible to provide effective neural network training with a given accuracy and reliability to ensure diagnostics of certain stages of operation of buildings within their lifecycle.

References

1. H. Alavi, and A. H. Gandomi, "Big data in civil engineering. Automation in Construction", vol. 79, pp. 1-2, 2017.
2. M. Bilal, et al., "Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends", Advanced engineering informatics, vol. 30(3), pp. 500-521, 2016.
3. T. Honcharenko, K. Kyivska, O. Serpinska, V. Savenko, D. Kysliuk and Y. Orlyk, "Digital transformation of the construction design based on the building information modeling and internet of things," CEUR Workshop Proceedings, 2021, vol. 3039, pp. 267–279.
4. Koo Bonsang, La Sunmin, Cho Nam-Wook, Yu Youngsu, "Using support vector machines to classify building elements for checking the semantic integrity of building information models", Automation in Construction, 2019, vol. 98, pp. 183–194. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.11.015.
5. BIM-Concept for Design of Engineering Networks at the Stage of Urban Planning / T. Honcharenko, O. Terentyev, O. Malykhina, I. Druzhynina, I. Gorbatyuk. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. Vol. 11 (2021) No. 5, 2021. P. 1728-1735.
6. K. Gopalakrishnan, A. Agrawal, and A. Choudhary, "Big Data in Building Information Modeling Research: Survey and Exploratory Text Mining", MOJ Civil Eng, vol. 3(6), 2017.
7. T.W. Huang, "Application Case of Big Data Analysis on Dynamic BIMs with Parameters for Use Scenarios" [Master's Thesis], National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan, 2016.
8. Volkov A. A. Cybernetics of construction systems. Cyber-physical construction systems. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2017, no. 9, pp. 4–7. (In Russian).
9. Building a System of Diagnosis Technical Condition of Buildings on the Example of Floor Beams Using Methods of Fuzzy Sets / Terentyev, O.O., Grigorovskiy, P.E., Tugaj, A.A., Dubynka, O.V. Lecture Notes in Civil Engineering, 2020, 73, crp. 729–739.
10. J. Li, M. Kassem, D. Greenwood, "Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases", Automation in Construction, Vol. 102, 2019, pp. 288–307.

УДК 621.226

Особливості процесів гасіння енергії в гідравлічних системах

Костюк Д.В., Яхно О.М., Ночніченко І.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Анотація. Розглянуті питання появи пульсацій тиску та потоку в гідравлічних системах внаслідок роботи насосів та появи нестационарних процесів від зовнішніх збурень. Негативний вплив пульсацій на роботу гідросистеми може бути зменшений різними шляхами, зокрема зниженням інтенсивності пульсацій шляхом гасіння енергії. Такі явища відбуваються в різних компонентах гідросистеми та можуть бути використані для побудови елементів для зниження пульсацій.

Ключові слова: пульсації тиску; дисипація енергії; гасителі коливань; гідравлічні системи.

В системах гідроприводу та гідравлічних системах в машинобудуванні досить часто виникають умови течії робочих рідин при наявності пульсацій швидкості та тиску. Джерелом таких пульсацій в більшості випадків являються гідравлічні насоси, що використовуються в гідравлічних системах. Пульсації, що виникають на виході насоса можуть розповсюджуватися на достатньо великі відстані, що призводить до неефективної роботи елементів гідравлічного обладнання (розподільників клапанів, засувок, та ін.) [1].

Експериментальні дослідження проведені у Вроцлавській політехніці [2] показали, що подібні нестационарні процеси можуть бути пов'язані, при деяких режимах роботи насоса, з появою кавітаційних явищ в міжзубному просторі шестеренного насоса. Візуалізація проведена для шестеренного насоса з зовнішнім зачепленням показала, що зони кавітації, що виникають в міжзубцевому просторі можуть впливати на характер потоку за насосом.

Візуальні дослідження показали структуру вихороподібних утворень, які супроводжують появу та схлопування кавітаційних бульбашок (Рис. 1).

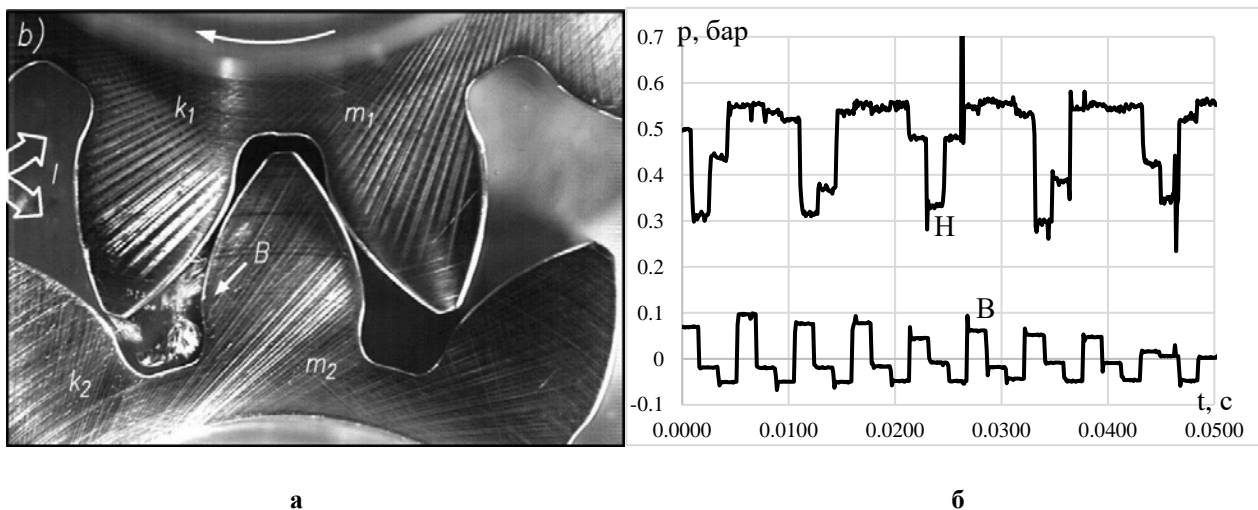


Рис. 1. а - Виникнення кавітаційних областей в шестеренному насосі, б - пульсації тиску в його лініях нагнітання (Н) та всмоктування (В)

Можливий ряд методів усунення проявів кавітації в даному випадку пов'язаних з розробкою обвідних каналів, зміною профіля зубів шестерень, зміною відстані між зубами та ін.

Разом з тим повністю усунути кавітаційні явища для шестеренних насосів з евольвентним зачепленням не є можливим. Тому існує проблема появи пульсацій потоку, особливо при використанні об'ємних гідравлічних насосів.

В зв'язку з цим виникає необхідність розробки пристроїв, що дозволяють усунути пульсації тиску та подачі, які присутні в потоці на виході насоса. Опис таких пульсацій достатньо повно описаний в літературі.

На нашу думку ефективним методом гасіння гідравлічних пульсацій є використання гасителів пульсацій, модернізація яких пов'язана з різними пристроями, в яких відбувається перетворення потенціальної і кінетичної енергії.

Перетворення енергії в відбувається на всіх ділянках гідравлічних систем. Найпростішим прикладом, що характеризує перетворення енергії може бути приклад потоку рідини на гідродинамічній початковій ділянці [3]. Дестабілізація потоку у даному випадку визначається впливом сил інерції від конвективного прискорення. Течія на початковій ділянці описана у низці робіт, у тому числі Шіллера, Тябіна, Шліхтинга та ін. Опис такої течії можна подати з позиції теорії примежевого шару. При русі в'язкої рідини на вході в канал, біля його стінок в рідині формується примежевий шар, в якому реалізується гальмування потоку (Рис. 2а). У той самий час у ядрі потоку рух прискорений. Товщина примежевого шару вздовж каналу зростає, а ядра зменшується. Таким чином на початковій ділянці формується епіюра швидкостей, а на її формування витрачається частина енергії. Цим пояснюється, що перепад тиску на початковій ділянці дещо вищий, ніж на ділянці стабілізованої течії.

Аналогічну картину, з деяким наближенням, можна уявити для течії рідини в дифузорі, де характер течії також впливає кут розкриття дифузора (Рис. 2б) [4]. Зміна швидкостей та тисків по потоку викликають появу складної структури течії, що супроводжує перетворення потенціальної та кінетичної енергій

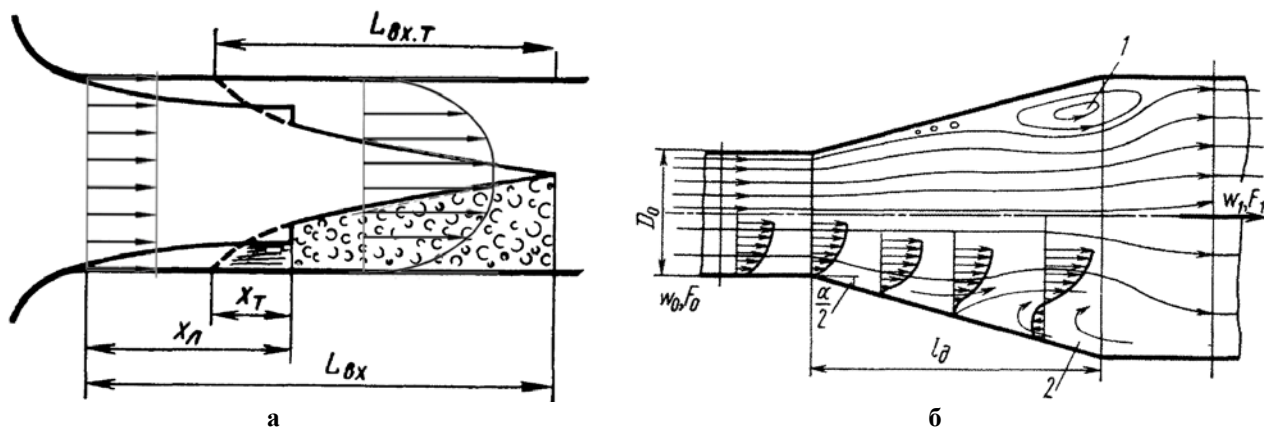


Рис. 2. Структура потоку та схеми енергетичних перетворень а – на гідродинамічній початковій ділянці, б – в дифузорі [4]

Подібні перетворення енергії можна використовувати для зменшення пульсацій тиску та швидкості в гідравлічних системах. Використовуються пасивні відбивні гасителі пульсацій тиску. Принцип роботи цих заслінок заснований на інтерференції хвилі тиску, що йде від насоса, з хвилею тиску, відбитою від заслінки і поширюється в протилежному напрямку. Схеми досліджуваних заслінок наведені на рис. 3 з позначенням характерних розмірів для забезпечення максимальної ефективності процесу зменшення амплітуд коливань тиску.

Відомим методом зниження пульсацій тиску в гідросистемах є застосування гідравлічних акумуляторів, ресиверів. Їх поєднання з вищезгаданими підходами дає змогу підвищити ефективність функціонування пристроїв [5].

Існує цілий ряд механічних процесів де виникають незворотні перетворення енергії з подальшою її дисипацією, до яких перш за все відносяться - демпферні пристрої, що забезпечують регламентовані процеси часу при згасаючих та вимушених коливаннях в технологічних процесах віброзахисту. При вирішенні подібного роду задач застосовують інтегральний, диференціальний і енергетичний метод пов'язаний з переносом енергії, які базуються на рівняннях балансу енергії.

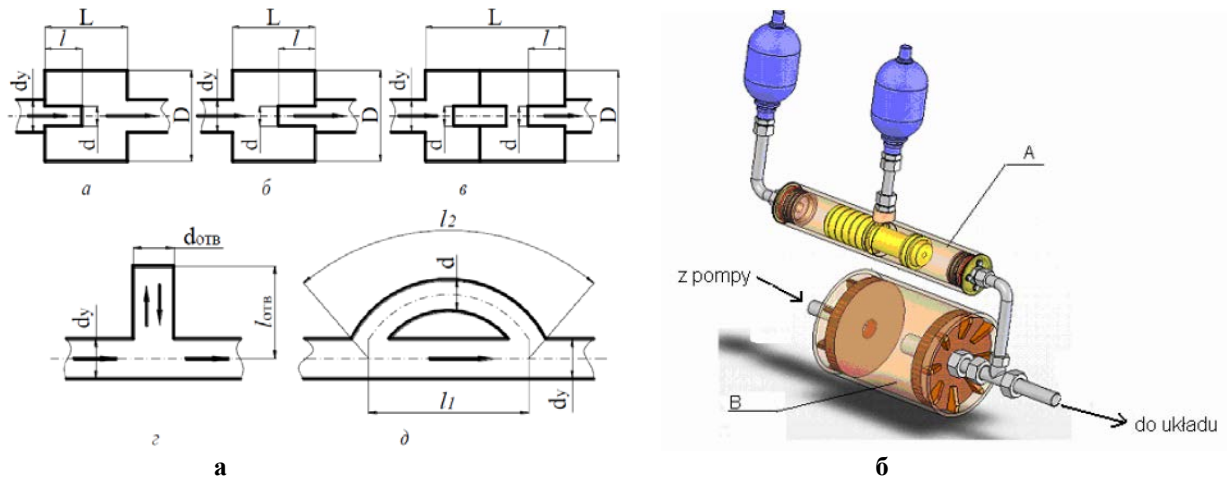


Рис. 3. а - схеми гідравлічних гасителів пульсацій тиску [1], б – конструкція комбінованого гасителя пульсацій [5]

Як елемент в основі функціонування якого лежить принцип гідромеханічного перетворення та гасіння енергії можна розглядати гідравлічний демпфер. Функціональний діапазон гасіння енергії системи та ефективність використання, залежить, як від конструктивних особливостей елементів механічної системи, наприклад амортизатор, так і від технічної характеристики складових її елементів.

Перетворення енергії в розглянутій системі вузла віброзахисту автомобіля представлено на рис.4. Демпфірування досягається за рахунок проходження рідини крізь калібровані канали та дроселі клапанно-дросельного вузла: «стиснення» (суцільна стрілка) та «відбій» (штрихова стрілка). Обидва клапани розташовані в поршні, а циліндр виконує роль корпусу.

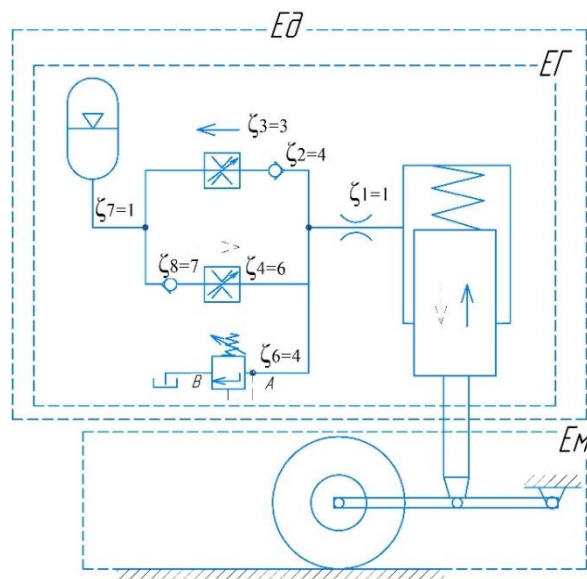


Рис.4. Конструктивна схема демпферного вузла з класифікацією енергетичних перетворень (Ем – механічна енергія, ЕГ – гідравлічна енергія, Ед – дисипація енергії)

При поступальному русі механічна енергія перетворюється у гідравлічну з подальшою дисипацією у навколишнє середовище. Гідравлічна енергія трансформується у теплову за рахунок втрати тиску у місцевих опорах елементів схеми, робочі процеси вузла віброзахисту можна представити через функції переносу, як характеристику перетворень енергій.

Проведене порівняння процесів перетворення енергії в гідравлічних системах різного типу та їх елементах дає можливість проаналізувати перебіг процесів та застосувати різні підходи до аналізу систем, зокрема перетворення енергії, явищ та процесів переносу. Ключовими в задачах демпфування є дисипативні процеси, які суттєво пов'язані з втратами механічної енергії, частина

якої з часом трансформується в гідравлічну енергію руху рідини. Представлений підхід до перетворення енергії може бути ефективно використаний у робочих процесах елементів для гасіння коливань та пульсацій різного типу.

Список літератури

1. Андренко П.М. – Гасителі пульсацій тиску об'ємних гідроагрегатів: Монографія. / П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко, М. С. Свинаренко - Х.: видавництво "НТМТ", 2012. -160 с.
2. Stryczek J. Visualisation research of the flow processes in the outlet chamber–outlet bridge–inlet chamber zone of the gear pump / J. Stryczek, P. Antoniак, O. Jakhno, D. Kostyuk, A. Kryuchkov, G. Belov, L. Rodionov // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2015. – Volume 15, Issue 1. – P. 95 - 108.
3. Яхно, О. М. Гидродинамический начальный участок [Текст] / О. М. Яхно, В. С. Кривошеев, В. М. Матиега // Черновці,. «Зелена Буковина», 2004. – 200 с.
4. Идельчик, И. Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов [Текст] : (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов) / И. Е. Идельчик. - Москва : Машиностроение, 1983. - 351 с. : ил.; 25 см.
5. Kudźma Z.: Tłumienie pulsacji ciśnienia i hałasu w układach bhydraulicznych w stanach przejściowych i ustalonych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej / Damping of pressure and noise pulsation in bhydraulic systems in transient and steady states. Publishing House of the Wrocław University of Technology /, Wrocław 2012.

FEATURES OF THE ENERGY DISSIPATION PROCESSES IN THE HYDRAULIC SYSTEMS

Dmytro Kostiuk, Oleg Jakhno, Igor Nochnichenko

***Abstract.** The questions of the appearance of pressure and flow pulsations in hydraulic systems due to the operation of pumps and the appearance of non-stationary processes due to external disturbances are considered. The negative impact of pulsations on the operation of the hydraulic system can be reduced in various ways, in particular by reducing the intensity of pulsations by extinguishing energy. Such phenomena occur in various components of the hydraulic system and can be used to construct elements to reduce pulsations.*

***Keywords:** pressure pulsations; energy dissipation; vibration dampers; hydraulic systems.*

УДК 539.3

Оцінка напружено-деформованого стану циліндричних оболонок

Гаркуша М.В., Клименко М.І.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

***Анотація.** Таким чином, на основі просторової моделі лінійної теорії пружності з використанням методики, що базується на застосуванні аналітичних методів відокремлення змінних, апроксимації функцій дискретними рядами Фур'є та чисельного методу дискретної ортогоналізації, розв'язано задачу про напружений стан ізотропних нетонких циліндричних оболонок чотирьох форм поперечного перерізу при дії внутрішнього рівномірного тиску за певних граничних умов на торцях. Побудовано графіки залежності полів нормальних напружень вздовж напрямної і проаналізовано характерні особливості цього розподілу. Дані, отримані в роботі, можуть бути використані при розрахунках на міцність оболонкових конструкцій подібного типу, або як фундаментальні дослідження механіки деформівного твердого тіла. Розроблена методика і створені пакети прикладних програм дозволяють отримувати результати щодо напруженого стану циліндричних оболонок в широкому діапазоні зміни їх геометричних параметрів, враховувати наявність довільної кількості шарів по товщині оболонки, ортотропію та неоднорідність матеріалів, а також враховувати неоднорідність та локальність прикладеного навантаження, що характеризує напрямок проведення подальших досліджень для циліндричних оболонок подібного класу.*

***Ключові слова:** дискретні ряди Фур'є; крайова задача; лінійна задача просторової теорії пружності; метод дискретної ортогоналізації; напружений стан; нетонкі некругові циліндричні оболонки.*

Використання циліндричних оболонок різної товщини та оболонкових систем в багатьох галузях господарювання, серед яких, цивільне будівництво, трубопровідна промисловість, тощо,

сприяли розвитку різноманітних методів та підходів до визначення напруженого стану розглянутих тіл [1 – 3]. Останнім часом в будівельній галузі знаходять застосування циліндричні порожнисті секції еліптичного та овального поперечного перерізу, що з одного боку, носить естетичний характер, а з іншого – маючи різну жорсткість відносно осей, застосування таких конструкцій дозволяє орієнтувати їх для найбільш ефективного опору прикладеному навантаженню. Визначення характеристик напружено-деформованого стану оболонкових конструкцій, що є основою для визначення їх надійності і довговічності експлуатації, має важливе значення, особливо з точки зору достовірності і точності отримуваних результатів.

Мета роботи

В роботі запропоновано підхід, що базується на зведенні тривимірної крайової задачі для системи диференціальних рівнянь в частинних похідних зі змінними коефіцієнтами, з використанням методів відокремлення змінних та апроксимації функцій дискретними рядами Фур'є, до одновимірної крайової задачі для системи звичайних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, що розв'язується чисельно стійким методом дискретної ортогоналізації. За рахунок вибору розв'язувальних функцій, даний метод дозволяє точно задовольнити граничні умови на обмежуючих поверхнях і, варіюючи певними параметрами при застосуванні дискретних рядів Фур'є та чисельного методу, отримати розв'язок з достатнім заданим ступенем точності. На основі розробленої методики і створеного пакету прикладних програм, проводиться дослідження напруженого стану нетонких ізотропних циліндричних оболонок чотирьох форм поперечного перерізу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розв'язується лінійна задача просторової теорії пружності.

Розглядаються нетонкі ізотропні циліндричні оболонки, поперечний переріз поверхні відліку яких, описано в полярній системі координат рівнянням

$$\rho(\psi) = \frac{a}{\sqrt{(1-e^2 \cos^2 \psi)}} + \alpha \cos m\psi, \quad e = \frac{2\sqrt{\Delta}}{1+\Delta} \quad (0 \leq \psi \leq 2\pi),$$

$$a = \frac{r_0(1-\Delta)}{f}, \quad f = 1 + \frac{\Delta^2}{4} + \frac{\Delta^4}{64} + \dots \quad (1)$$

де α – характеризує амплітуду гофрування, m – частоту гофрування, e – ексцентриситет еліпса (Δ – степінь еліптичності), r_0 – радіус вихідного кола, a – менша з півосей еліпса, периметр якого дорівнює периметру вихідного кола.

За систему відліку обрано систему криволінійних координат s, ψ, γ , яку побудовано таким чином: в ортогональній криволінійній системі координат s, ψ обрано циліндричну поверхню за поверхню відліку (серединна поверхня оболонки), координата γ відкладається вздовж нормалі до цієї поверхні.

Оболонки шарнірно закріплені на торцях та знаходяться під дією внутрішнього тиску $q_\gamma = q_0 \sin(\pi s/l)$ ($q_0 = const$).

За вихідні обрано основні рівняння лінійної просторової теорії пружності: вирази деформацій через переміщення, рівняння рівноваги та рівняння узагальненого закону Гука для ізотропного тіла. За розв'язувальні приймаються функції, в яких формулюються граничні умови на бічних поверхнях – три компоненти напруження і додаються до них три компоненти переміщення. Після певних перетворень з основних рівнянь отримано розв'язувальну систему диференціальних рівнянь в частинних похідних шостого порядку зі змінними коефіцієнтами, що описує тривимірну крайову задачу. Для зниження розмірності задачі застосовується метод відокремлення змінних в двох координатних напрямках – вздовж твірної та напрямної, одночасно з використанням апроксимації деяких, так званих, доповняльних функцій дискретними рядами Фур'є перед відокремленням змінних в напрямку напрямної. В результаті чого, отримано одновимірну крайову задачу, що описується системою звичайних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами більш високого порядку. Розв'язок останньої здійснюється стійким чисельним методом дискретної

ортогоналізації, паралельно з визначенням амплітудних значень дискретних рядів Фур'є для доповняльних функцій, на кожному кроці застосування чисельного методу.

Достовірність та точність отримуваних результатів забезпечується застосуванням точних аналітичних методів відокремлення змінних, варіацією кількості табличних значень доповняльних функцій для побудови дискретних рядів Фур'є та утримуваних в них членів ряду, а також, кількістю точок інтегрування і ортогоналізації при застосуванні чисельного методу. Крім того, проведено порівняння результатів, отримуваних за даною методикою та результатами, отриманими іншими авторами за іншими підходами та з точним розв'язком задач, для яких він існує [3].

Варіюючи параметрами рівняння (1) можна отримати чотири форми поперечного перерізу: канонічну кругову (рис.1 а), дві форми з одно параметричним відхиленням від кругової форми – еліптичну (рис.1 б) та гофровану (рис.1 в) і одну форму з двопараметричним відхиленням від кругової форми – еліптичну гофровану (рис.1 з).

При розв'язуванні задачі прийнято такі вихідні дані. Для геометричних параметрів оболонки: довжина $l = 60$, радіус вихідного кола $r_0 = 40$, товщина $h = 6$, амплітуда гофрування $\alpha = 0; 2,5$, частота гофрування $m = 3$ ексцентриситет $e = 0; 0,5$; для механічних характеристик матеріалу: модуль пружності $E = E_0$, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$.

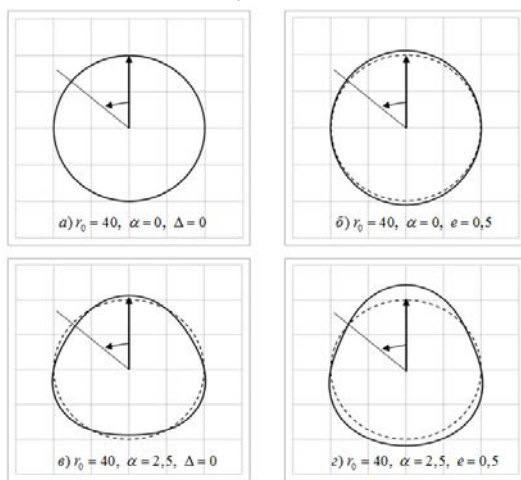


Рис.1. Відхилення форми поперечного перерізу від кругової - а (одно параметричне - б, в та двопараметричне - з)

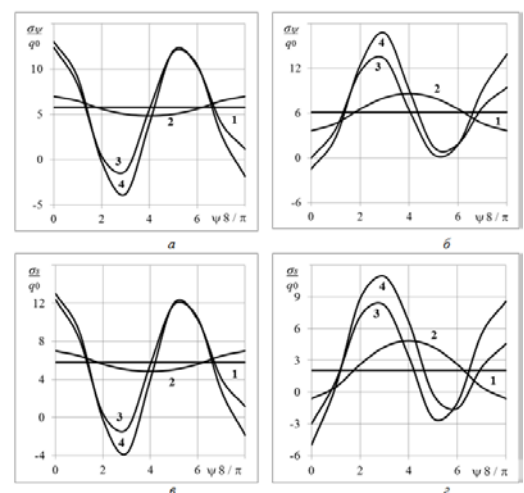


Рис.2. Розподіл нормальних напружень вздовж напрямної оболонки

Результати розв'язання задачі для значень нормальних колових σ_ψ та поздовжніх σ_s напружень наведено на рис. 2 в середньому перерізі довжини на зовнішній, вільній від навантаження ($\gamma = h/2$, рис.2 б, з) та внутрішній навантаженій ($\gamma = -h/2$, рис.2 а, в) поверхні вздовж напрямної оболонки. В силу симетрії усіх розглянутих форм поперечного перерізу, результати наведено на проміжку повної симетрії четвертої форми $0 \leq \psi \leq \pi$.

На графіках цифрами позначені поля розподілу нормальних напружень для кругової оболонки – 1; еліптичної – 2; кругової гофрованої – 3 та еліптичної гофрованої – 4. З наведених на рис. 2 графіків видно, що максимальних абсолютних значень поздовжні напруження набувають на внутрішній навантаженій поверхні для кругової оболонки і на зовнішній, вільній від навантаження для інших форм. При цьому, їх величина збільшується при зміні форми поперечного перерізу приблизно в 2 рази для еліптичної форми (2), в 4 рази – для кругової гофрованої (3) та в 5 разів – для еліптичної гофрованої (4) порівняно з канонічною круговою (1) формою.

Переважаючими є колові напруження для усіх форм поперечного перерізу. Своїх максимальних значень колові напруження досягають для усіх форм на зовнішній, вільній від навантаження поверхні в зоні меншої жорсткості для форми 2 ($\psi = \pi/2$), в западині гофрів для форми 3 ($\psi = \pi/3$) та в «першій» западині гофрів форми 4 ($\psi = \pi/3$). При відхиленні форми поперечного перерізу

від кругової, максимальна величина напружень збільшується приблизно в 1,4 рази для еліптичної форми (2), в 2,3 рази – для кругової гофрованої (3) та в 2,7 рази – для еліптичної гофрованої (4) порівняно з канонічною круговою (1) формою.

Список літератури

1. Y.Y. Abrosov, V.A. Maximyuk, I.S. Chernyshenko, Physically Nonlinear Deformation of a Long Orthotropic Cylindrical Shell with Elliptic Cross-Section. *Int. Appl. Mech.*, 2021, 57, 282 – 289.
2. O.Y. Grigorenko, M.Y. Borisenko, O.V. Boichuk, Free Vibrations of a Corrugated Closed Cylindrical Shell. *Int. Appl. Mech.*, 2022, 58, 43 – 52.
3. A.Y. Grigorenko, S.N. Yaremchenko, On the Stress-Strain State of Elliptic Cylinders in the Three-Dimensional Statement. *J. Math. Sci.*, 2022, 261, 143 – 150.

ASSESSMENT OF THE STRESS-DEFORMED STATE OF CYLINDRICAL SHELLS

Mykola Harkusha, Mykola Klymenko

Abstract. *Thus, on the basis of the spatial model of the linear theory of elasticity using the methodology based on the application of analytical methods of separation of variables, approximation of functions by discrete Fourier series and the numerical method of discrete orthogonalization, the problem of the stress state of isotropic thin cylindrical shells of four forms of transverse section under the action of internal uniform pressure under certain boundary conditions at the ends. Graphs of the dependence of the fields of normal stresses along the guide line were constructed and the characteristic features of this distribution were analyzed. The data obtained in the work can be used in calculations of the strength of shell structures of this type, or as fundamental studies of the mechanics of a deformable solid body. The developed methodology and created application program packages allow obtaining results regarding the stress state of cylindrical shells in a wide range of changes in their geometric parameters, taking into account the presence of an arbitrary number of layers in the thickness of the shell, orthotropy and heterogeneity of materials, as well as taking into account the heterogeneity and locality of the applied load, which characterizes the direction of further research for cylindrical shells of a similar class.*

Keywords: *discrete Fourier series; boundary value problem; linear problem of the spatial theory of elasticity; discrete orthogonalization method, stress state, non-thin noncircular cylindrical shells.*

УДК 539.3

Врахування термопружних характеристик односпрямованого волокнистого композитного матеріалу в скінченно-елементній моделі неоднорідної оболонки

Калашніков О.Б., Кривенко О.П.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. *Розглядається методика врахування в скінченно-елементній моделі оболонки неоднорідної структури фізико-механічних характеристик композитного матеріалу, що армований односпрямованими волокнами. Властивості волокнистого композитного матеріалу визначаються через мікромеханічні характеристики його компонентів. Визначення ефективних термопружних характеристик матеріалу реалізується за структурними параметрами його компонентів на основі відомих методик прогнозування пружних сталей для даної моделі композиту. Методика аналізу напружено-деформованого стану та стійкості неоднорідних багатошарових оболонок поширюється на задачі розрахунку тонких оболонок, матеріалами шарів яких є односпрямовані безперервні волокнисті композити. Виконаний порівняльний аналіз результатів розрахунку задачі згину багатошарової композитної панелі з даними, що отримані за допомогою програмного комплексу NASTRAN. Одержано повний збіг розв'язків.*

Ключові слова: *тонка пружна багатошарова оболонка; неоднорідна структура; скінченно-елементне моделювання; композитний матеріал; мікромеханічні параметри.*

Широке використання композитних матеріалів (КМ) або композитів обумовлене їх високою питомою міцністю та високою питомою жорсткістю, здатністю витримувати високі температурні

навантаження без значних деформацій. Композитні матеріали характеризуються комплексом властивостей, які значно відрізняються від властивостей традиційних матеріалів (ТМ). Основною перевагою усіх композитів, як штучно створених матеріалів, є можливість виготовляти їх із наперед заданими властивостями, що дає змогу покращити економічність і надійність несучих конструкцій.

Для дослідження поведінки тонких пружних неоднорідних оболонок використовується методика, яка базується на геометрично нелінійних співвідношеннях теорії термопружності та реалізує моментну схему скінчених елементів (МССЕ) [1]. Розглядаються тонкі змінної товщини багатошарові оболонки складної геометричної форми, які можуть бути підкріплені ребрами та накладками, послаблені виїмками й отворами, мати зломи серединної поверхні. Обшивка оболонки (тіло оболонки без геометричних особливостей за товщиною) і ребра, що її підкріплюють, можуть складатися з довільної (заданої) кількості шарів m , що з'єднані між собою в єдиний пакет. Шари деформуються спільно без проковзування та відриву по поверхнях контактів, де виконується вимога рівності компонент вектора переміщень. Кожен шар матеріалу може бути анізотропним та різним. Реалізація методики моделювання анізотропних властивостей неоднорідного матеріалу оболонки виконується з використанням у шарах ТМ з ізотропною, трансверсально-ізотропною та ортотропною симетрією. Використовується модель пружного суцільного середовища, що нелінійно деформується, при великих переміщеннях і малих деформаціях, компоненти яких є лінійними функціями напружень. Матеріали шарів оболонки розглядаються як лінійно-пружні, властивості яких відповідають узагальненому закону Дюамеля-Неймана. Для апроксимації оболонки використовується універсальний багатошаровий скінченний елемент (СЕ), який побудований на базі «стандартного» ізопараметричного просторового 8-ми вузловий СЕ з полілінійними функціями форми для координат і переміщень [1, 2].

При моделюванні термопружних властивостей неоднорідного матеріалу оболонки застосовується метод структурування неоднорідностей матеріалу за товщиною і в плані оболонки за допомогою універсального просторового багатошарового СЕ [1, 2, 5]. Структурування неоднорідностей матеріалу оболонки за товщиною виконується у межах СЕ та зводиться до представлення матеріалу необхідною кількістю шарів однорідних матеріалів, у загальному випадку анізотропних, з відомими термопружними властивостями. Оскільки у методиці універсальний СЕ є єдиним для усіх ділянок скінченно-елементної моделі оболонки (СЕМО) моделювання неоднорідностей матеріалу прийнято однаковим як для обшивки оболонки, так і для ділянок зі ступінчасто-змінною товщиною. Такий підхід відповідає прийнятому принципу моделювання неоднорідної оболонки з використанням єдиної розрахункової моделі на базі універсального СЕ. Структурування неоднорідностей матеріалу оболонки у плані пов'язане з можливістю використання різних типів пакетів матеріалу при побудові СЕМО. У СЕМО один тип пакета може бути віднесений як до окремого СЕ, так й до групи елементів. Різні типи пакетів різняться за своїми характеристиками: топологічними (кількість шарів), геометричними (товщини шарів) та фізико-механічними (термопружні сталі, об'ємна вага та інші характеристики матеріалів шарів).

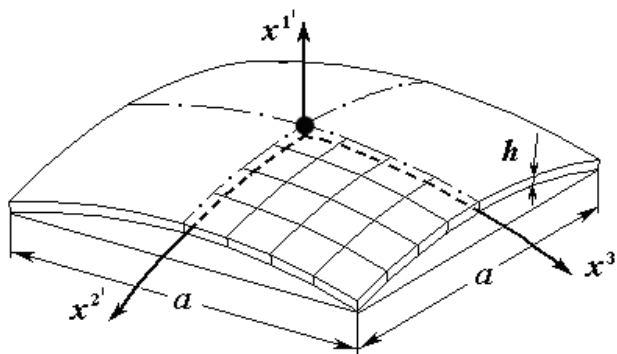
Метою роботи є поширення методики на клас багатошарових оболонок, матеріалом шарів яких є композитний матеріал, що армований паралельними безперервними волокнами [3, 4, 5], оскільки цей тип матеріалу є найбільш дослідженим в теорії композитів і поширеним на практиці. Конструкції, що створені з КМ даної структури, характеризуються високою несучою спроможністю за вибраними напрямками, тому цей тип матеріалу найчастіше використовується в тонкостінних оболонкових конструкціях.

Відповідно до підходу енергетичного згладжування В.В. Болотіна [3] неоднорідний композитний матеріал можна замінити еквівалентним однорідним матеріалом з ефективними механічними характеристиками, які визначаються шляхом усереднення за об'ємом відповідних мікроскопічних властивостей компонентів композиту. Існує низка методів прогнозування ефективних термопружних характеристик (макроскопічних) КМ за заданими мікроскопічними характеристиками його компонентів, що розроблені і продовжують розроблятися засобами механіки композитних матеріалів [4]. На основі такого підходу односпрямований КМ подається як однорідний трансверсально-ізотропний матеріал, ефективні термопружні сталі якого визначаються за мікромеханічними параметрами його фаз.

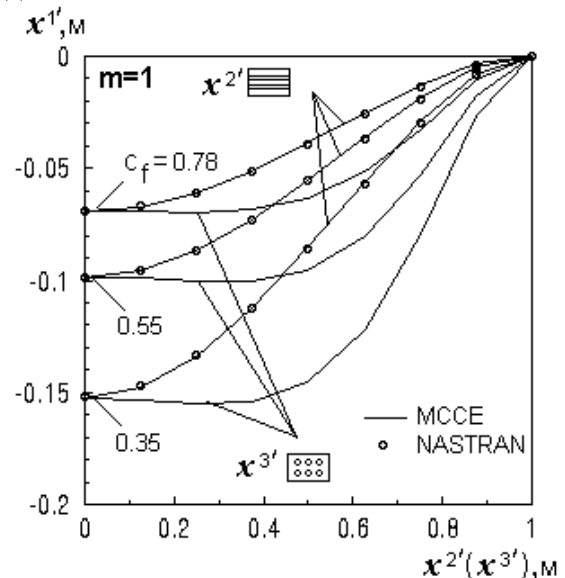
У практиці проектування багатошарових конструкцій важливе значення має вирішення питання раціонального розташування в шарах оболонки головних осей пружності ортотропних і трансверсально-ізотропних матеріалів. Для вирішення цієї проблеми у розрахунковій моделі термопружні характеристики матеріалів задаються в триортонормованій системі координат (базис ортотропії шару СЕ), дві осі якої на серединній поверхні шару оболонки довільно зорієнтовані відносно місцевої косокутної системи координат СЕ. Використовуючи прийнятий принцип структурування неоднорідностей матеріалу оболонки у плані, маємо можливість моделювати термопружні характеристики криволінійно ортотропних і трансверсально-ізотропних матеріалів за рахунок дискретної зміни орієнтації базису ортотропії в шарах СЕ.

Ефективність методики показана на прикладі лінійної задачі статки згину тонкої пологої композитної панелі з різним ступенем концентрації волокон в матеріалі. Виконаний порівняльний аналіз результатів розрахунку напружено-деформованого стану панелі, що отримані за розробленою методикою на базі МССЕ та з використанням програмного комплексу ПК NASTRAN [6].

Розглядається тонка квадратна у плані полого сферична панель з параметром кривизни $K = 24$, де $K = 2a^2/(Rh)$, R – радіус серединної поверхні, $h = 0.01\text{м}$ – товщина, $a = 2\text{м}$ – розмір у плані (рис. 1). Оболонка жорстко затиснута за контуром і навантажена рівномірним нормальним тиском інтенсивністю $q = 1\text{кг/см}^2$. Матеріал панелі – односпрямований волокнистий полімерний вуглепластик [4] з такими мікромеханічними параметрами: епоксидна матриця ЕД-20 $E_m = 3.5 \cdot 10^3$ МПа, $\nu_m = 0.32$; вуглецеві волокна ЛУ-3 $E_f = 250 \cdot 10^3$ МПа, $\nu_f = 0.3$. Досліджувався вплив на напружено-деформований стан оболонки трьох різних значень коефіцієнту армування композиту (концентрації): низькій $c_f = 0.35$, середній $c_f = 0.55$ та високій частці волокон $c_f = 0.78$. Розглянуто три варіанти панелі з різною кількістю шарів однакової товщини: $m = 1, m = 2, m = 3$. Ефективні фізико-механічні характеристики матеріалу обчислені за мікромеханічною методикою прогнозування – правилом суміші [4]. За розрахункову в усіх випадках приймалася скінченно-елементна модель у вигляді чверті оболонки, що має дві площини симетрії, при цьому вісь x^1 направлена за товщиною. Шари панелі мають перехресну схему армування: у непарних шарах армування направлено вздовж осі x^2 , у парних – вздовж осі x^3 .



а) Схема панелі



б) Форма деформування одношарової ($m = 1$) панелі

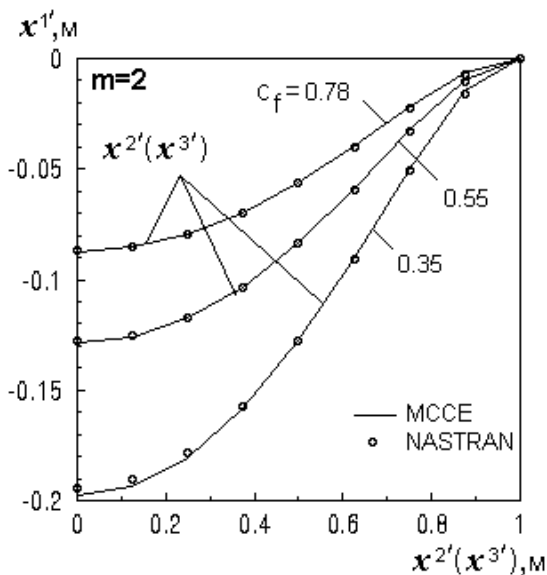
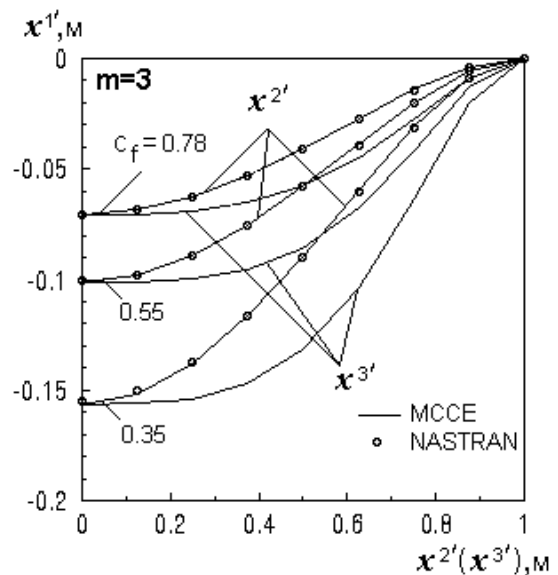
в) Форма деформування двошарової ($m = 2$) панеліг) Форма деформування тришарової ($m = 3$) панелі

Рис. 1. Сферична квадратна в плані багатшарова панель

Для розв'язування задачі в ПК NASTRAN використовувався плоский чотирьох вузловий багатшаровий SE Laminate [6]. Визначення форм деформування та напружень в центрі SE було виконано вздовж середніх діагоналей панелі. Розв'язки, що отримані за обома методиками, швидко збігаються. Спостерігається повний збіг між собою результатів розрахунку за MCCE та за допомогою ПК NASTRAN для всіх варіантів панелі та концентрації волокон.

Висновки. Скінченно-елементний метод аналізу геометрично нелінійного деформування та стійкості багатшарових оболонок поширено на задачі дослідження тонких оболонок, шари яких виконані з композитного матеріалу волокнистої структури. Для моделювання термопружних властивостей неоднорідного матеріалу оболонки застосовано підхід, що базується на структуруванні неоднорідностей матеріалу за товщиною та у плані оболонки за допомогою багатшарового просторового SE. У рамках моделі багатшаровий скінченний елемент можна використовувати як SE, що дозволяє моделювати матеріал оболонки різними типами традиційних і композитних матеріалів шарів. Визначення ефективних характеристик односпрямованого волокнистого КМ реалізується за структурними параметрами його компонентів на основі відомих мікромеханічних моделей прогнозування фізико-механічних сталей. Наведено результати чисельних досліджень напружено-деформованого стану багатшарової композитної панелі.

Список літератури

1. Баженов В.А., Кривенко О.П., Соловей М.О. Нелінійне деформування та стійкість пружних оболонок неоднорідної структури. К: ЗАТ Віпол, 2010. – 316 с.
2. Баженов В.А., Кривенко О.П. Стійкість і коливання пружних неоднорідних оболонок при термосилових навантаженнях. Київ: Вид-во Каравела, 2020. 187 с.
3. Болотин В.В., Новичков Ю.И. Механика многослойных конструкций. М.: Машиностроение, 1980. 375 с.
4. Кучер М.К. Оцінка мікромеханічних моделей прогнозування ефективних констант пружності волокнистих композитів. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». К.: 2010. – №58. – С.24 – 29.
5. Соловей М.О., Кривенко О.П., Міщенко О.О., Калашніков О.Б. Врахування характеристик композитного матеріалу в скінченноелементній моделі неоднорідної оболонки. Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2012. – Вип. 89. С. 172-180.
6. FEMAP. Геометричне та скінченно-елементне моделювання конструкцій для розрахунків у MSC.Nastran: Посібник / Рудаков К.М. – К.: НТУУ "КПІ", 2005. – 210 с.

TAKING INTO ACCOUNT THE THERMOELASTIC CHARACTERISTICS OF A UNIDIRECTIONAL FIBROUS COMPOSITE MATERIAL IN A FINITE ELEMENT MODEL OF A HETEROGENEOUS SHELL

Oleksandr Kalashnikov, Olga Krivenko

Abstract. The method of taking into account the physical and mechanical characteristics of the composite material reinforced with unidirectional fibers in the finite element model of the shell of the heterogeneous structure is considered. The properties of a fibrous composite material are determined by the micromechanical characteristics of its components. The determination of the effective thermoelastic characteristics of the material is implemented according to the structural parameters of its components on the basis of known methods of predicting the elastic constants for this model of the composite. The method of analysis of the stress-strain state and stability of heterogeneous multi-layer shells extends to the calculation of thin shells, the materials of which layers are unidirectional continuous fibrous composites. A comparative analysis of the results of the calculation of the multi-layer composite panel bending problem with the data obtained using the NASTRAN software complex was performed. A complete coincidence of solutions was obtained.

Keywords: thin elastic multilayer shell; heterogeneous structure; finite element modelling; composite material; micromechanical parameters.

УДК 621.879

Метод прогнозування і оцінки показників надійності гідроприводів екскаваторів на основі моделювання параметричних відмов

Лесько В.І., Клименко М.О., Делембовський М.М.,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Метод прогнозування та розрахунку показників надійності гідроприводу одноківшового екскаватора розроблений на основі імітаційного моделювання (метод Монте-Карло) параметричних відмов гідроприводу одноківшового екскаватора з використанням прогнозних імовірнісних одномірних моделей зміни діагностичних параметрів – об'ємних ККД гідроелементів з урахуванням заданих умов роботоздатності гідроприводу, рівня ефективності його функціонування та кореляційних зв'язків із параметричними відмовами. Рівень ефективності функціонування екскаватора оцінюється тривалістю робочого циклу екскавації. Граничні значення об'ємних ККД елементів ГП можуть задаватися як дискретними величинами, так і законами розподілу з відповідними параметрами. При цьому враховуються деякі функціональні та схемні особливості і механізми формування параметричних відмов гідравлічного приводу.

Ключові слова: надійність; гідропривід одноківшового екскаватора; об'ємні ККД; закони розподілу; прогнозування; параметричні відмови; показники безвідмовності; ефективність функціонування; умови роботоздатності; моделі надійності; імітаційне моделювання.

Оцінка експлуатаційної надійності будівельних машин – один із важливих факторів визначення їх якості та ефективності функціонування, а забезпечення необхідного рівня надійності машин є гарантією їх конкурентоспроможності як на внутрішньому так і на зовнішньому ринку. Але реальна ситуація при експлуатації сучасних будівельних машин, а особливо нових гідрофікованих екскаваторів, склалася така, що на сьогоднішній день практично майже відсутні необхідні дані про показники їх надійності в умовах експлуатації, а існуючі методи оцінки ПН не зовсім прийнятні для використання і не завжди ефективні при оцінці ПН таких складних технічних систем, як гідроприводи одноківшових екскаваторів.

Аналізи відмов гідроприводів (ГП) одноківшових екскаваторів (ОЕ) та особливостей його функціонування показують, що найбільш характерними видами відмов ГП, наряду з іншими, є параметричні відмови, формування яких в часі приводить до поступової втрати рівня роботоздатності його елементів та зниження, внаслідок цього, ефективності функціонування всього

ГП, що при певних умовах і вимогах споживача будівельної машини також розцінюється як параметрична відмова. Це дає підстави вважати функціональні можливості ГП, його ефективність, одним із аспектів надійності і вказує на необхідність врахування їх при оцінці показників надійності. Звідси постає питання про необхідність знаходження інших підходів при оцінці надійності гідроприводів та розробку методів прогнозування і оцінки ПН на основі моделей параметричних відмов з урахуванням умов роботоздатності екскаватора, рівня ефективності функціонування ГП та його стохастичної залежності між технічним станом та параметричними відмовами гідроелементів.

В даній роботі пропонується метод прогнозування та оцінки показників надійності гідроприводу одноківшового екскаватора із застосуванням імітаційного моделювання, суть якого полягає в наступному. Приймаємо, що реалізації діагностичних параметрів, в якості яких використовуємо об'ємні ККД (ОККД) елементів гідроприводу, під час експлуатації машин описуються нестационарним випадковим процесом $\eta_j(t)$, який протікає під впливом широкого спектру експлуатаційних факторів ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$). На основі інформації, отриманої в результаті діагностування гідроприводів в умовах експлуатації на протязі часу $t_0 - t_r$, знаходяться закономірності зміни об'ємного ККД - η_j ($j=1, 2, \dots, N$) кожного із N основних гідроелементів (гідронасосів, гідроциліндрів, секцій гідророзподільників, гідродвигунів), які лімітують технічний стан та надійність гідроприводу.

За характеристику випадкових функцій в перерізах часу t_i прийняті одномірні густини імовірнісного розподілу $f_j(\eta; t_i)$, які, як встановлено дослідженнями, добре узгоджуються із нормальним законом розподілу. Апроксимація параметрів законів розподілу на відрізьку $t_0 - t_r$ дозволяє отримати прогнозні моделі $f_j(\eta; t_i)$ для перерізів часу $t_i > t_r$. В якості екстраполяційної функції параметрів прийнята степенева функція. При нормальному законі розподілу ОККД апроксимації підлягають параметри закону розподілу: $m_{\eta_j}(t)$ та $\sigma_{\eta_j}^2(t)$:

$$m_{\eta_j}(t_i) = m_{\eta_{oj}} - V_j t_i^{\alpha_j}; \quad (1)$$

$$\sigma_{\eta_j}^2(t_i) = \sigma_{\eta_{oj}}^2 + \sigma_{v_j}^2 t_i^{2\alpha_j} \quad (2)$$

де: значення $m_{\eta_{oj}}; \sigma_{\eta_{oj}}; V_j; \sigma_{v_j}$ та α_j визначаються експериментальним шляхом.

При розподілі ОККД за іншими законами - законом Вейбулла, гамма-розподілом, або логарифмічно-нормальним, які також можуть мати місце при дослідженнях, апроксимації підлягають параметри цих законів: параметри масштабів $a_{\eta}(t), \lambda_{\eta}(t), \mu_{\eta}(t)$ та форми $b_{\eta}(t), a_{\eta}(t), \sigma_{\eta}(t)$ відповідно. На основі кореляційного та регресійного аналізу за результатами експерименту визначається вплив експлуатаційних факторів на закономірності тренду параметрів (1, 2) та встановлюється функція множинної регресії та її характеристики для коефіцієнту $V_j = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$, який представляє собою умовну швидкість зміни параметрів $\eta_j(t)$.

Для будь-якого перерізу часу t_i при заданих детермінованих граничних значеннях $\eta_{грj}$ елементи ГП вважаються роботоздатними за параметром η_j , якщо дотримується умова їх роботоздатності $\varphi_j = \eta_j - \eta_{гранj} > 0$ і навпаки, якщо $\varphi_j < 0$, то це трактується як параметрична відмова j -го елемента.

Для специфічних в плані формування параметричних відмов так званих функціональних дільниць (ФД), які з точки зору компоновання гідросхеми представляють собою послідовно з'єднані гідроциліндр та гідророзподільник, що відносяться до підсистем рукояті, стріли та ківша, граничним значенням ОККД такої ФД вважається узагальнений ОККД - $\eta_{ФДгран}$. Тому умова їх роботоздатності в даному випадку виглядатиме таким чином [1,2,3,4,5,6]:

$$\varphi_j = \eta_{гцj} \cdot \eta_{грj} - \eta_{ФДгранj} > 0 \quad (3)$$

При наявності в гідравлічних лініях згаданих ФД гідрозамків або зворотних клапанів

керуваних (ЗКК), які встановлено між гідророзподільниками та гідроциліндрами, роботоздатність ФД в такому випадку виражається через умови роботоздатності її елементів:

$$\varphi_j = \eta_{гц_j} - \eta_{гц_{гран_j}} > 0 \quad (4)$$

$$\varphi_j = \eta_{гр_j} - \eta_{гр_{гран_j}} > 0 \quad (5)$$

У випадку, коли граничні значення ОККД гідроелементів та ФД задані законами розподілу, замість детермінованих значень $\eta_{гран_j}$ розглядаються його випадкові значення граничних ОККД, які для всіх елементів ГП, ФД і всіх перерізів часу добре описуються нормальним законом розподілу. Графічна інтерпретація формування параметричної відмови елементів гідроприводу при випадкових граничних значеннях ОККД показана на рис. 1.

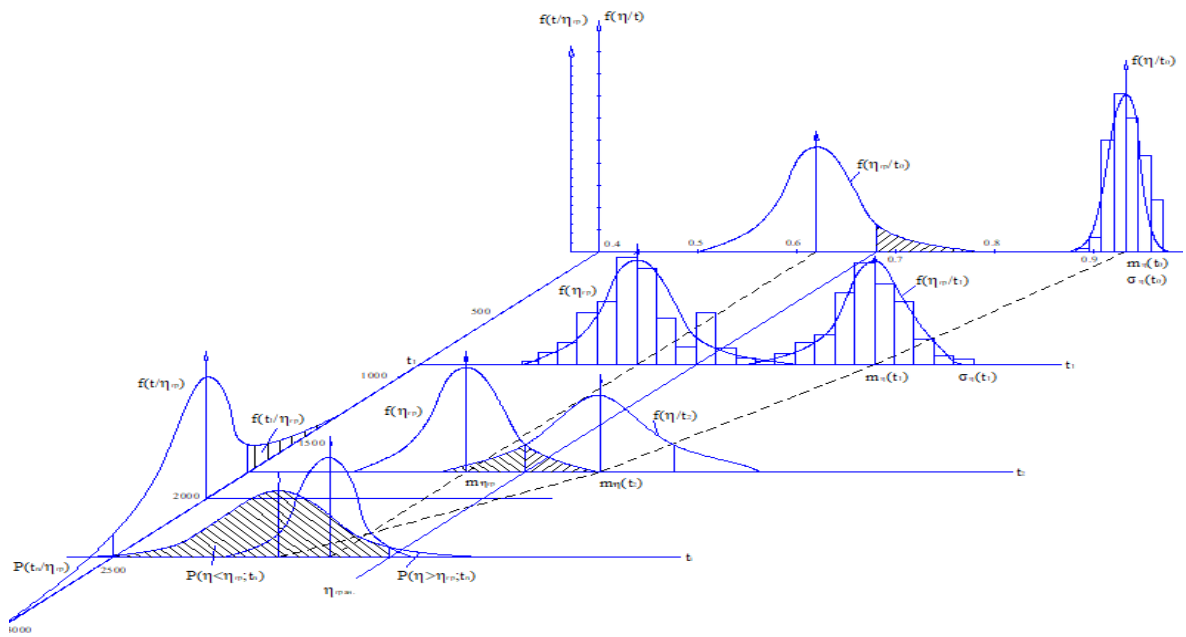


Рис. 1. Графічна інтерпретація імовірнісних одномірних моделей ОККД та формування параметричної відмови елементів гідроприводу при випадкових граничних значеннях.

Прогнозування функцій розподілу імовірностей випадкового процесу $\eta(t_i)$ для будь-якого перерізу часу t_i при заданих умовах експлуатації дає можливість формування параметричних імовірнісно-фізичних моделей відмов, за якими визначаються імовірності збереження роботоздатності елементів за умовами $\varphi_j > 0$:

$$P(\varphi_j > 0; t_i) = P\{\eta_j(t_i) > \eta_{гран_j}; t_i\} = \int_{\eta_{гран}} f(\eta_j, t_i) d\eta \quad (6)$$

$$P(\varphi_j > 0; t_i) = P\{\eta_{гц_j} \cdot \eta_{гр_j} > \eta_{ФДгран_j}; t_i\} = \iint_{\eta_{гц}; \eta_{гр} > y} f(\eta_{гц}, \eta_{гр}) d\eta_{гр} d\eta_{гц} \quad (7)$$

Вважаючи відповідність рівня ефективності функціонування гідроприводу певному нормативному значенню як одну із умов W роботоздатності гідроприводу ($W = t_{ци} < t_{ци,зад}$), приймаємо, що збільшення тривалості робочого циклу екскавації $t_{ци}$ відносно заданого граничного значення $t_{ци,зад}$ в момент часу t_i (тобто $W = t_{ци} - t_{ци,зад} \geq 0$) є порушенням умови роботоздатності і також трактується як параметрична відмова гідроприводу. В певних випадках, в залежності від умов експлуатації екскаватора, вимоги до граничної тривалості виконання технологічних операцій $t_{ци,зад}$ і рівня ефективності екскаватора можуть задаватися споживачем будівельних машин.

Функціональна залежність $t_{ц}$ значення тривалості робочого циклу екскавації $t_{ц}$ від об'ємних ОККД гідроелементів η_j , встановлюється експериментальним шляхом або за допомогою математичного моделювання:

$$t_{ц}(t_i) = Y\{\eta_1(t_i), \dots, \eta_j(t_i), \dots, \eta_N(t_i)\}. \quad (8)$$

За відомою моделлю $t_{ц} = Y\{\cdot\}$ встановлюються прогнозні значення $t_{ц}(t_i)$ для моментів часу t_i , та перевіряються умови W збереження ефективності гідроприводу відносно заданого граничного значення $t_{ц, зад}$ в момент часу t_i . Імовірність збереження заданого граничного рівня ефективності ГП за параметром $t_{ц}$ в момент часу t_i знаходиться за формулою:

$$P(W < 0, t) = P\{t_{ц}(t_i) < t_{ц, зад}, t_i\} = \int_0^t f\{Y(\cdot); t_i\} dt \quad (9)$$

де: $f\{Y(\cdot); t_i\}$ - густина розподілу імовірності тривалості робочого циклу в момент часу t_i .

Так як між умовами роботоздатності φ_j та ефективністю функціонування існує тісний стохастичний зв'язок, то формула для визначення імовірності безвідмовної роботи при параметричних відмовах для моменту t_i в загальному вигляді запишеться так:

$$P(t_i) = P_1\{W < 0; t_i / (\varphi_1 > 0) \cap \dots \cap (\varphi_j > 0) \cap \dots \cap (\varphi_N > 0); t_i\} \times \\ \times P_2\{(\varphi_1 > 0) \cap \dots \cap (\varphi_j > 0) \cap \dots \cap (\varphi_N > 0); t_i\} \quad (10)$$

де: $P_1\{\cdot\}$ - умовна імовірність збереження ефективності функціонування ГП при заданому граничному значенні $t_{ц, зад}$, яка визначена при умові безвідмовного функціонування всіх елементів та функціональних ділянок ($\varphi_j > 0$);

$P_2\{\cdot\}$ - імовірність збереження умов роботоздатності всіх елементів та ФД ($\varphi_j > 0$).

Наявність кореляційних зв'язків між параметричними відмовами елементів та рівнем ефективності ГП, складність визначення коефіцієнтів кореляції і відсутність в класичній теорії надійності простих методів визначення умовних імовірностей унеможливають використання аналітичних форм для визначення $P(t_i)$ [7]. Тому окреслені вище задачі вирішуємо за допомогою методу (методу Монте-Карло) імітаційного моделювання [8] процесів формування зазначених параметричних відмов ГП з урахуванням стохастичної залежності між ними. Узагальнена блок-схема алгоритму прогнозу та розрахунку показників безвідмовності ГП на прикладі одноківшового екскаватора представлена на рисунку 2.

Суть імітаційного моделювання в загальному випадку зводиться до наступного. Для кожного моменту часу t_i , починаючи з $t_{min}=0$, із шагом Δt формуються прогнозні значення параметрів відомого за експериментальними даними закону розподілу ОККД j -го гідравлічного елемента ($j = \overline{1, N}$). Для нормального закону розподілу такими параметрами будуть початкові та центральні моменти - $m_{\eta_j}(t_i)$ та $\sigma_{\eta_j}(t_i)$.

В перерізі часу t_i для всіх елементів ГП за допомогою генератора випадкових чисел формується заданий масив послідовних реалізацій ($q_{ji} = \overline{1, M}$) рівномірно розподілених в інтервалі (0,1) випадкових величин ξ_{mji} . Після формування чергового q_i -го номера реалізації згенеровані числа фіксуються і за прогнозними на момент часу t_i параметрами закону розподілу (в даному випадку нормального) і відповідною математичною моделлю одержуємо масив випадкових значень ОККД елементів ГП - η_{jq_i} (де $q = \overline{1, \dots, M_{ji}}$):

$$\eta_{jq_i}(t_i) = m_{\eta_j}(t_i) + \sigma_{\eta_j}(t_i) \cdot \left(\sum_{m=1}^{12} \xi_{mji} - 6 \right). \quad (11)$$

В залежності від задач дослідження та наявності діагностичної інформації і статистичних даних розрахунки можуть вестися за двома способами. В першому випадку (спосіб 1) - граничні значення ОККД елементів та ФД можуть задаватися як випадкові величини, що розподілені за нормальним законом розподілу із відомими параметрами $m_{\eta_{гран, j}}$ та $\sigma_{\eta_{гран, j}}$. В цьому випадку за

формулою (11) генеруються, розраховуються та фіксуються випадкові граничні значення ОККД. В другому випадку (спосіб 2) розрахунки ведуться для детермінованих граничних значень ОККД елементів та ФД гідроприводу (коли $\sigma_{\eta_{гран.j}} = 0$).

В залежності від виконання гідравлічної схеми гідроприводу екскаватора, тобто наявності у гідролініях «гідророзподільник-гідроциліндр» відповідних підсистем зворотного клапана керованого (ЗКК) (схема 1) чи їх відсутності (схема 2), а також від можливого способу завдання граничних значень ОККД (спосіб 1 чи 2) реалізуються чотири варіанти розрахунку показників надійності.

При першому варіанті (схема 1 + спосіб 2) для кожної реалізації $q_{ji} \leq M_{ji}$ спочатку здійснюються перевірки умов збереження роботоздатності ($\varphi_{jq_i} = \eta_{jq_i} - \eta_{jГРАН} > 0$) всіх елементів. Якщо при q -ій реалізації змодельовані значення η_{jq_i} хоча б одного елементу.

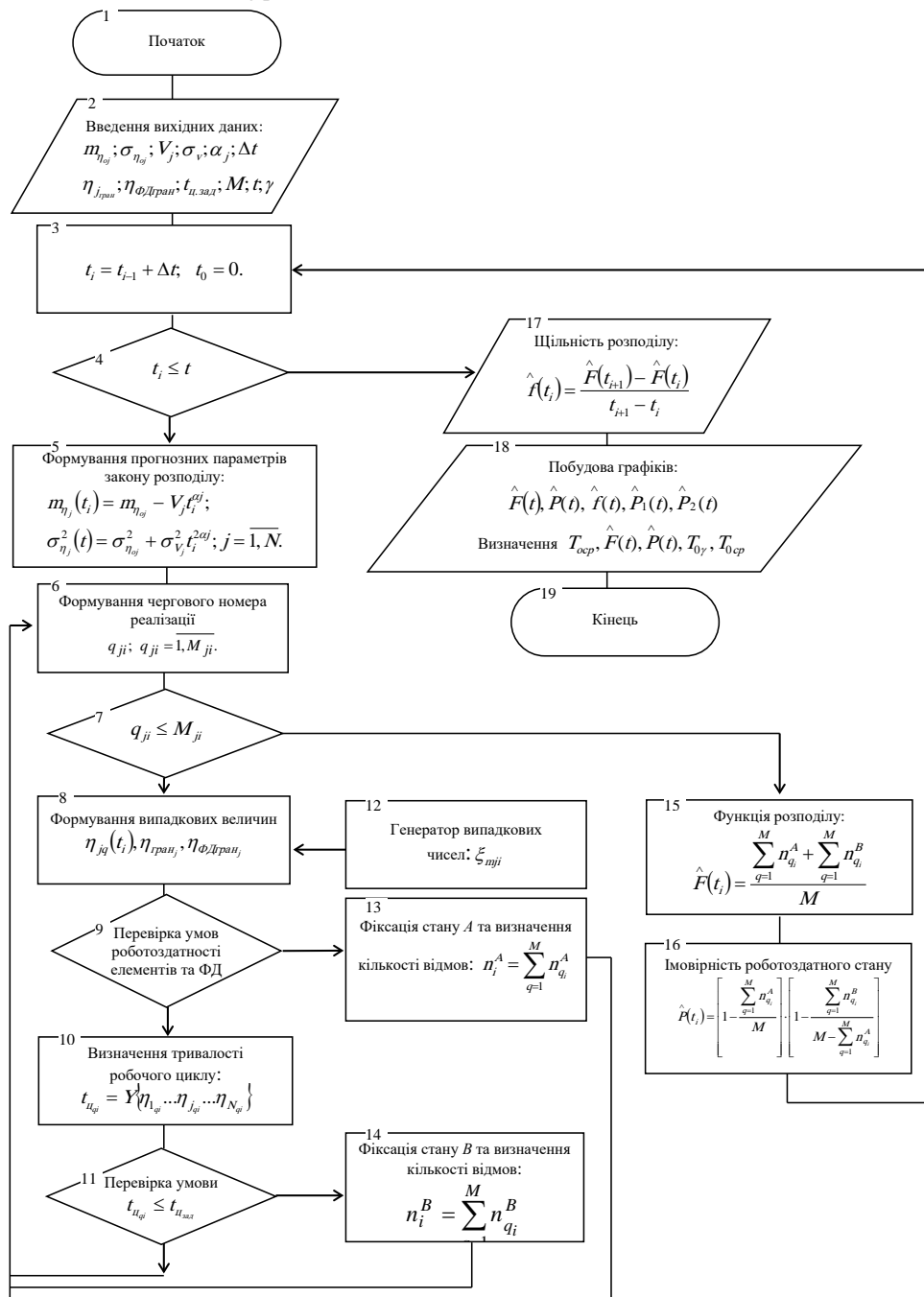


Рис. 2. Узагальнена блок-схема алгоритму прогнозування та розрахунку показників безвідмовності гідроприводу.

виходять за межі області роботоздатного стану ($\eta_{jq_i} < \eta_{j_{гран}}$), то фіксується порушення умови роботоздатності j -го елемента і настає стан параметричної відмови гідроприводу при даній q -ій реалізації (стан А), як системи із послідовно з'єднаними елементами. Після фіксації стану А цикл перевірки умов роботоздатності всіх елементів повторюється для наступних реалізацій (при $q+1$) $\eta_{j(q+1)i}$ і т.д.

В другому варіанті (схема 1 + спосіб 1) перевірка умов роботоздатності елементів ГП здійснюється аналогічно, але при цьому замість детермінованого значення граничного ОККД відповідного елемента приймається його згенероване випадкове значення $\eta_{гран\ j}$.

При реалізації третього варіанту розрахунку (схема 2 + спосіб 2) для змодельованих випадкових значень ОККД окрім перевірки умов роботоздатності елементів проводиться перевірка умов роботоздатності функціонування дільниць:

$$\begin{cases} \forall_j \eta_{гр\ jqi} > \eta_{гран\ j} \\ \forall_j \eta_{ц\ jqi} \cdot \eta_{гр\ jqi} > \eta_{ФД\ гран\ j} \end{cases} \quad (12)$$

Четвертий варіант (схема 2 + спосіб 1) дозволяє задавати граничні межі $\eta_{ФД\ гран\ j}$ та $\eta_{гран\ j}$ законами розподілу випадкових граничних значень ОККД, коли перевірка умов роботоздатності (12) здійснюється за згенерованими випадковими граничними значеннями.

Незалежно від варіанту, при порушенні хоча б однієї умови роботоздатності - фіксується параметрична відмова гідроприводу при q -ій реалізації в момент часу t_i (стан А). Після фіксації відмови цикл перевірки заданих умов роботоздатності повторюється для наступних реалізацій.

В разі одночасного збереження всіх умов роботоздатності елементів вважається, що гідропривід ОЕ відповідає роботоздатному стану (стану \bar{A}) при заданих граничних значеннях діагностичних параметрів $\eta_{j_{гран}}$ {тобто $\bar{A} = (\varphi_{1q_i} > 0) \cap \dots \cap (\varphi_{jq_i} > 0) \cap \dots \cap (\varphi_{Nq_i} > 0)$ }. І тільки при цій умові (за станом \bar{A}) визначається рівень ефективності функціонування всього ГП за інтегральним показником – тривалістю робочого циклу $t_{ц}$. В цьому випадку значення прогнозних об'ємних ККД η_{jq_i} підставляються у формулу (8) залежності $t_{цqi}$:

$$t_{цqi}(t_i) = Y\{\eta_{1q}(t_i), \dots, \eta_{jq}(t_i), \dots, \eta_{Nq}(t_i)\} \quad (13)$$

На наступному етапі моделювання здійснюється порівняння одержаної випадкової величини $t_{цqi}$ із заданим (виходячи із вимог споживача екскаватора) або нормативним граничним значенням $t_{ц\ зад.}$. В разі невідповідності умови збереження заданого рівня ефективності ($W_{qi} = t_{цqi} - t_{ц\ зад.} < 0$) фіксується параметрична відмова гідроприводу (стан В). Якщо $W_{qi} > 0$, то ГП вважається роботоздатним (стан \bar{B}). Після цього цикл перевірки умов роботоздатності повторюється для наступних реалізацій η_{jq_i} .

Процес моделюється для всієї заданої на початку множини реалізацій $q_i = \overline{1, M}$. При $q_i \geq M$ цикл моделювання для моменту часу t_i завершується і підраховується загальна кількість відмов (станів А та В), які відбулися в інтервалі часу Δt_i :

$$n_i^A = \sum_{q=1}^M n_{qi}^A; \quad n_i^B = \sum_{q=1}^M n_{qi}^B \quad (14)$$

Для перерізу часу t_i в інтервалі ($\Delta t = t_i - t_{i-1}$) визначаються значення функцій розподілу $\hat{F}(t_i)$, яка дорівнює імовірності відмови $Q(t_i)$, та імовірності збереження роботоздатного стану гідроприводу $\hat{P}(t_i)$:

$$\hat{F}(t_i) = \frac{\sum_{q=1}^M n_{qi}^A + \sum_{q=1}^M n_{qi}^B}{M} = Q(t_i) \quad (15)$$

$$\hat{P}(t_i) = \left[1 - \frac{\sum_{q=1}^M n_{qi}^A}{M} \right] \left[1 - \frac{\sum_{q=1}^M n_{qi}^B}{M - \sum_{q=1}^M n_{qi}^A} \right] \quad (16)$$

В даному випадку складові формули (16) оцінки імовірності збереження роботоздатності ГП відповідають складовим виразу (10) $P_1(\cdot)$ та $P_2(\cdot)$:

$$P_1\{W < 0; t_i / (\varphi_1 > 0) \cap \dots \cap (\varphi_j > 0) \cap \dots \cap (\varphi_N > 0); t_i\} = 1 - \frac{\sum_{q=1}^M n_{qi}^B}{M - \sum_{q=1}^M n_{qi}^A}; \quad (17)$$

$$P_2\{(\varphi_1 > 0) \cap \dots \cap (\varphi_j > 0) \cap \dots \cap (\varphi_N > 0); t_i\} = 1 - \frac{\sum_{q=1}^M n_{qi}^A}{M} \quad (18)$$

Середнє квадратичне відхилення оцінки $\hat{P}(t_i)$ розраховується за формулою:

$$\sigma_{\hat{P}} = \sqrt{\frac{\hat{P}(1 - \hat{P})}{M}} \quad (19)$$

Після отримання чергового результату розрахунку $\hat{P}(t_i)$ перевіряється умова:

$$\xi \leq \xi_{\text{зад}}, \quad (20)$$

де ξ та $\xi_{\text{зад}}$ - відповідно розрахункове та задане значення відносної (або абсолютної) точності результату.

При виконанні умови (20) процес моделювання припиняється, або в іншому випадку - відбувається перехід до наступного, чергового циклу реалізацій.

Поточне значення відносної похибки ξ розраховується за формулою:

$$\xi = t_{\beta} \sqrt{\frac{1 - \hat{P}}{M \cdot \hat{P}}} \quad (21)$$

де $t_{\beta} = \sqrt{2} \Phi^{-1}(\beta)$ - функція, зворотна функції Лапласа (квантіль нормального розподілу, який відповідає довірчій імовірності β).

Приведені вище формули дозволяють оцінювати абсолютну точність результатів моделювання при заданій кількості реалізацій M , а також назначити необхідне число реалізацій M моделі з метою одержання заданої точності $\varepsilon_{\text{зад}}$ або відносної похибки $\xi_{\text{зад}}$.

При заданому значенні відносної похибки необхідна кількість обсягу реалізацій визначається через задане значення відносної похибки за формулою:

$$M = t_{\beta}^2 \frac{(1 - \hat{P})}{\hat{P} \xi^2}. \quad (14)$$

Граничну відносну похибку оцінки показників надійності вибираємо згідно рекомендацій ДСТУ 3004-95. В даній роботі використовується такий підхід, при якому спочатку задається певне занижене число реалізацій, а потім після кожної наступної реалізації перевіряється умова

відповідності одержаної точності оцінки імовірності наперед заданій точності: $\xi \leq \xi_{зад}$ (або $\varepsilon \leq \varepsilon_{зад}$).

При отриманні позитивного результату за умовою (20) визначається довірчий інтервал для розрахованого значення імовірності \hat{P} при відносній похибці ξ та заданій довірчій імовірності β . Розрахунок нижньої та верхньої довірчих меж проводиться за формулами:

$$\underline{P}_H = \hat{P} - t_\beta \sqrt{\frac{\hat{P}(1 - \hat{P})}{M}} \quad (22)$$

$$\overline{P}_B = \hat{P} + t_\beta \sqrt{\frac{\hat{P}(1 - \hat{P})}{M}} \quad (23)$$

Після цього імітаційний процес і розрахунки $P_1(\cdot)$, $P_2(\cdot)$, $\hat{P}(t_i)$ та $\hat{F}(t_i)$ для моменту часу t_i завершуються і моделювання розпочинається спочатку в кожному із наступних перерізів часу t_{i+1} , t_{i+2} і т.д. через шаг Δt . На цьому етапі визначаються значення щільності імовірності розподілу $\hat{f}(t)$ наробітку до відмови:

$$\hat{f}(t_i) = \frac{\hat{F}(t_{i+1}) - \hat{F}(t_i)}{t_{i+1} - t_i} = \frac{\hat{P}(t_i) - \hat{P}(t_{i+1})}{t_{i+1} - t_i} \quad (24)$$

Визначена за формулою (24) щільність розподілу характеризує щільність умовного розподілу $f(t/\forall \varphi_j > 0, W > 0)$ величини наробітку t до відмови гідروприводу при заданих умовах роботоздатності або при заданих граничних значеннях ОККД $\eta_{гран.j}$, $\eta_{ФДгран.j}$ та рівня ефективності його функціонування $t_{у.зад}$.

Середній наробіток до відмови та його довірчий інтервал розраховується за формулами:

$$T_{о.ср} = \int_0^\infty t \cdot f(t/\forall \varphi_i > 0, W > 0) dt = \int_0^\infty P(t) dt \quad (25)$$

$$\int_0^\infty \underline{P}(t) dt \leq T_{о.ср} \leq \int_0^\infty \overline{P}(t) dt \quad (26)$$

Гамма-процентний наробіток $T_{0\gamma}$ до відмови ГП визначається із співвідношень:

$$P = P_r \{ \forall \varphi_j(t_\gamma) > 0; W(t_\gamma) > 0 \} \geq 0,01\gamma \quad (27)$$

$$\text{або } P(t_\gamma) = \int_{t_\gamma}^\infty f(t/\forall \varphi_i > 0, W > 0) dt = 0,01\gamma \quad (28)$$

Оцінка гамма-процентного наробітку до відмови знаходиться імітаційним моделюванням із виразу (28) як те значення t_γ для якого виконується рівність $P(t_\gamma) = 0,01\gamma$.

За результатами прогнозування та розрахунків будуються графіки функціональних залежностей показників безвідмовності: $\hat{F}(t) = \hat{Q}(t)$, $\hat{P}(t)$, $\hat{P}_1(t)$, $\hat{P}_2(t)$, $\hat{f}(t)$.

Розроблений на основі імітаційного моделювання метод (метод Монте-Карло) прогнозування та розрахунку показників надійності гідроприводу одноківшового екскаватора дає можливість в більш повній мірі враховувати механізм формування параметричних відмов гідравлічного приводу, його функціональні, схемні та конструктивні особливості а також враховувати стохастичну залежність між параметричними відмовами окремих елементів гідроприводу та рівнем його ефективності функціонування в цілому в залежності від заданих умов роботоздатності. Рівень ефективності функціонування екскаватора в даному випадку оцінюється тривалістю робочого циклу екскавації.

Запропоновані прогнозні імовірнісні одномірні моделі зміни об'ємного ККД дають можливість прогнозувати показники надійності в залежності від умов експлуатації та граничних значень об'ємних ККД елементів ГП, які можуть задаватися як дискретними величинами, так і законами розподілу з відповідними параметрами. Використання на практиці запропонованого імітаційного методу дозволить отримувати більш реальні оцінки показників безвідмовності із урахуванням рівня ефективності функціонування гідроприводу одноківшового екскаватора та умов його експлуатації.

Список літератури

1. Лесько В.І. Умови роботоздатності та моделі надійності дільниці «гідророзподільник - гідроциліндр» гідроприводів будівельних машин. //Гірничі, будівельні, дорожні, та меліоративні машини. Випуск № 60. Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник, м. Київ, КНУБА, 2002 р.
2. Лесько В.І. Імовірнісні моделі роботоздатності функціональних дільниць гідроприводів одноківшових екскаваторів. /Техніка будівництва. Науково-технічний збірник. Випуск №5. – К.: Академія будівництва України, 1999. – с. 14 - 19.
3. Лесько В.І. Моделі надійності гідроприводів будівельних машин. «Теорія і практика будівництва». № 12, 2013 р., с. 48-51. Академія будівництва України, КНУБА.
4. Лесько В.І., Лесько Л.Г. Імовірнісні моделі параметричної надійності гідроприводів машин. Техніка будівництва №29, 2012р., с.77-82. Академія будівництва України, КНУБА. <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/07/201229.pdf>
5. Лесько В.І., Безклубенко І.С., Клименко М.О. Специфічні моделі роботоздатності та параметричної надійності гідроприводів машин. Збірник наукових праць XIII Міжнародної конференції «Наука і освіта»: зб. наук. пр. XIII Міжнарод. конф., 4 – 13 січня 2019 р., м. Хайдусобосло (Угорщина). – Хмельницький: ХНУ, 2018. – 141 с. (с. 7 -11). (<https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=4172513555084004462&btnI=1&hl=ru>).
6. Stochastic models for ensuring parametric reliability of the construction machines. Galyna Getun, Lesko Vitalii, Bezklubenko Iryna, Balina Olena, Butsenko Yurii. Опір матеріалів та теорія споруд. №106, 2021. с. 262-273. DOI: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.262-273>
7. Лесько В.І. Методи оцінки показників безвідмовності гідравлічних приводів машин з урахуванням кореляції умов роботоздатності. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоощадні машини і технології» 17-19 травня 2022 р. – К.: КНУБА, 2022. – 209 с. (174-179 с.) https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/27/ESMT_Conference_Proceedings_2022_PDF.pdf
8. Лесько В.І. Моделювання параметричних відмов гідроприводів екскаваторів, прогнозування та оцінка показників їх безвідмовності. Техніка будівництва № 36, 2016 р., КНУБА. Академія будівництва України. (<http://tehbud.knuba.edu.ua/issue/archive>)

METHOD OF FORECASTING AND ASSESMENT OF RELIABILITY INDICATORS OF HYDRAULIC DRIVES OF EXCAVATORS BASED ON PARAMETRIC FAILURE MODELING

Vitalii Lesko, Mykola Klymenko, Maksym Delembovskyi,

Abstract. The method of predicting and calculating the reliability indicators of the hydraulic drive of a single-bucket excavator is developed on the basis of simulation modeling (Monte Carlo method) of parametric failures of the hydraulic drive of a single-bucket excavator using predictive probabilistic one-dimensional models of changes in diagnostic parameters - volume efficiency of hydraulic elements, taking into account the specified conditions of hydraulic drive performance, the level of its efficiency functioning and correlations with parametric failures. The level of efficiency of the excavator is estimated by the duration of the excavation work cycle. The limiting values of the volumetric efficiency of the GP elements can be set both by discrete values and by distribution laws with the appropriate parameters. At the same time, some functional and schematic features and mechanisms of formation of parametric failures of the hydraulic drive are taken into account.

Keywords: reliability; hydraulic drive of a single-bucket excavator; volumetric efficiency; distribution laws; forecasting; parametric failures; failure-free indicators; operational efficiency; operational conditions; reliability models; simulation modeling.

СЕКЦІЯ 4 «ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ЧАС»

УДК 377.5

Фахова технічна підготовка на основі об'єднання навчальних закладів I–IV рівнів акредитації

Куліков П.М., Назаренко І.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Зазначені проблеми технічної підготовки фахівців та визначені шляхи забезпечення відповідності змісту і методів здобуття освіти потребам і викликам розвитку економіки України. На основі поглибленого та системного аналізу чинних систем освіти було визначено їхні переваги та недоліки. Запропоновано структурну схему об'єднаного закладу освіти з єдиною наскрізною програмою навчання для отримання відповідної професійної кваліфікації світового рівня. Запропонована методика виявлення здібних, талановитих студентів на першому та другому (1-й, 2-й семестри) курсах на основі оцінки власного бажання студентів займатися науковими дослідженнями та підвищувати свої знання для реалізації компетентності рішення практичних задач.*

***Ключові слова:** технічна освіта; структурна схема; об'єднаний навчальний комплекс; наскрізна програма; рівні акредитації; наукова робота студентів*

Першою важливою складовою освіти є методики оцінки знань абітурієнтів при вступі у вищі навчальні заклади. Так, вступні іспити в США, це стандартизовані тести TOEFL, IELTS, SAT, ACT, GRE, GMAT. Попри те, що стандартизовані тести - обов'язкові для вступу до університетів США, вони не є вирішальним фактором у зарахуванні студента. Вищі навчальні заклади Америки беруть до уваги мотиваційний лист студента, середній бал GPA за атестатом або диплому бакалавра, рекомендації від викладачів і позаурочну діяльність студента [1]. Щодо освіти в Україні, то у 2005 році Україна приєдналася до Болонської системи освіти. На сьогодні в Україні вже закладені основи болонської системи. Наприклад, введено незалежне тестування для школярів, спрощено систему рівнів випускників та запроваджено єдину систему оцінювання. Також через це відбувся поділ вищої освіти на бакалаврат і магістратуру. Перший – це загальна вища освіта, яка тривала від трьох років. Друга – вища спеціалізована освіта. Вищі отримали право впроваджувати власні освітні та наукові програми, почали відкривати власні рахунки, брати кредити, розпоряджатися майном. У 2014 році скасували ступінь спеціаліста. Тож тепер в Україні п'ять освітньо-кваліфікаційних рівнів: молодший бакалавр, бакалавр, магістр, доктор філософії, доктор наук[2,3].

Другою важливою складовою освіти є методики навчання та оцінка вмінь вирішувати практичні задачі, реальних для застосування в майбутньому на конкретному підприємстві. Так, наприклад, більшість британських вишів оснащено сучасними дослідницькими лабораторіями, які забезпечують максимально комфортні умови для наукової проектної діяльності. Згідно з рейтингом Research Excellence Framework, 30% вишів Великобританії входять до переліку провідних дослідницьких університетів у світі. Особливістю лекцій у ВНЗ Великої Британії є: великі класи, як правило, тривалістю близько однієї години, де викладач говорить про предмет, а студенти конспектують те, що викладається. На лекції може бути присутнім понад 100 студентів. Особливість роботи на лекції є конспектування матеріалу, у студентів немає можливості задавати питання і проводити обговорення і дискусії. Лекції, як правило, призначені для того, щоб: викласти новий матеріал, який згодом буде детально розбиратися на семінарах і практичних заняттях, або самостійно студентом; виклад загальних основ курсу, пояснення основних тем досліджуваного предмета; надання нової інформації з певного предмета, яка не включена в підручники або навчальну програму[4]. Щодо системи освіти в Україні то залишилися проблеми: старіння існуючої матеріально-технічної бази, зниження якості освіти та падіння рівня знань і вмінь студентами,

моральне старіння методів і методики навчання, відсутність належного контролю за якістю навчальної літератури та відсутність впровадження передових технологій в системі навчання. Окрім, цього в Україні існують певні протиріччя між потребами ринку праці в достовірній інформації, як для замовника, так і роботодавця, про професійну компетентність працівника та обмеженими можливостями інформаційної інфраструктури ринку праці її надавати. На засадах поглибленого та системного аналізу чинних систем освіти було визначено їхні переваги та недоліки та сформульовані наступні напрямки вдосконалення структури навчального закладу та методів організації освітнього процесу.

Головна ідея і мета вдосконалення організаційного підходу є об'єднання розрізаних навчальних закладів 1-го ... 4-го рівнів акредитації шляхом створення регіональних навчальних комплексів (РНК) з єдиною наскрізною програмою навчання для отримання відповідної професійної кваліфікації світового рівня [5](рис.1).



Рис.1. Принципова схема навчального комплексу.

Задача: забезпечити відповідність змісту і методів отримання освіти потребам і викликам розвитку економіки України та інтеграції у європейський економічний і культурний простір. Впровадження такої структурованої системи організації навчального процесу, окрім підвищення освітнього рівня, відкриє шлях до визначення оптимального складу навчальних закладів України. Рішення задачі та обґрунтування методу обумовлено наступними міркуваннями. Наявність в професійно - технічних училищах певного обладнання, верстатів, приборів і інших засобів підготовки робітничих спеціальностей, може слугувати практичною базою для студентів всіх рівнів навчання. Задіяні професори і доценти в навчальному процесі закладів 1-го рівня підготовки стимулюють розробку та впровадження на базах практики новітніх розробок. Так реалізується набуття студентами практичних навичок на реальному обладнанні з мінімальними фінансовими витратами. Єдині навчальні плани, розроблені на основі запропонованих структурно - логічних схем (СЛС) послідовності вивчення студентами дисциплін РНК, чітко визначення необхідної кількості кредитів для опанування знань і умінь, значно підвищить рівень освіти. Немаловажним фактором успіху в отриманні сучасних знань є здатність такої системи створення системного (кластерного) підходу до навчання, який набуває широкого впровадження у сучасних високоефективних технологіях виробництва. Спільне поєднання дисциплін в єдину СЛС дає можливість вдосконалити навчальний процес, а також значно скоротити та вилучити дисципліни, що в тому чи іншому вигляді мають повторення. Кластерна система освіти, що може бути реалізована виключно в РНК та обґрунтуванням СЛС формування дисциплін має ще одну суттєву

відмінність від існуючої системи - здатність до швидкої, у разі необхідності, адаптації до впровадження нових навчальних дисциплін. Так реалізується підвищення рівня навчального процесу в РНК. За формою та послідовністю система навчального процесу в РНК передбачає зменшення навчання на 1,0 -1,5 роки (рис.2) за умови, що вступ до комплексу здійснюється після 9-го класу у порівнянні з вступом до університету після 11 років навчання в школі.

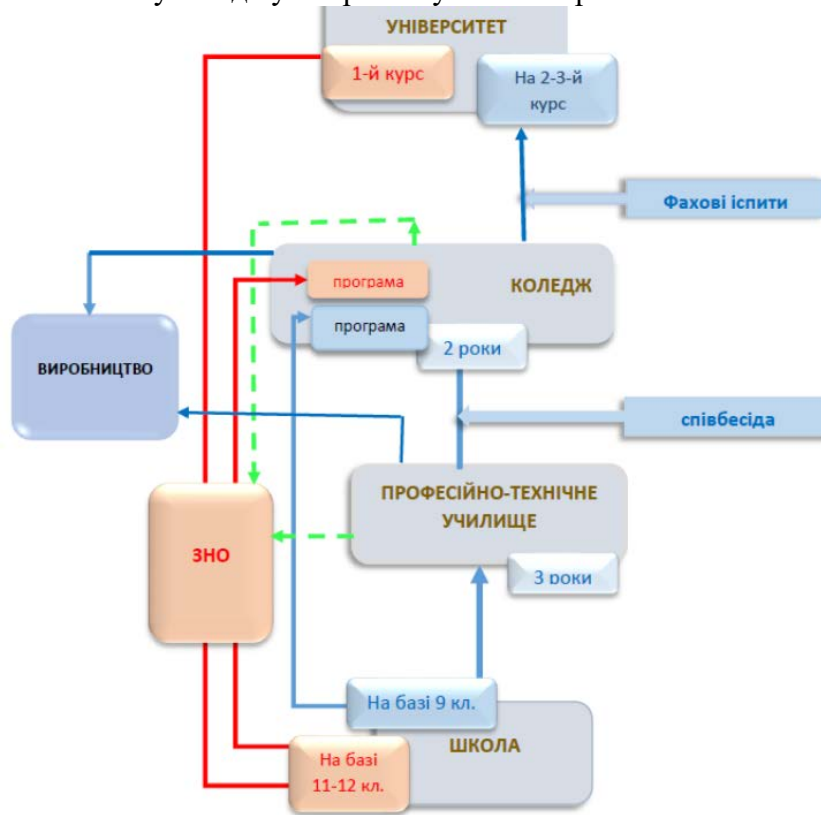


Рис.2. Структурна схема навчання за єдиною наскрізною програмою.

Зменшення терміну навчання обумовлено застосуванням наскрізної програми, яка вдосконалює процес та визначення необхідної кількості кредитів. Суттєвою перевагою системи, що пропонується, є можливість на етапі навчання в професійно - технічному училищі визначитися із оцінкою свого вибору майбутньої професії, змінити напрямок або, при необхідності, йти працювати на виробництво.

Наступною пропозицією фахової технічної підготовки є методика виявлення здібних студентів та їх залучення до участі в наукових дослідженнях сформована на основі наступних підходів: оцінка успішності за дисциплінами (математика, фізика, теоретична механіка); володіння комп'ютерними технологіями та програмним забезпеченням; власне бажання студентів займатися науковими дослідженнями; тестування знань студентів за результатами навчання. Запропонована низка дисциплін, які відносяться до переліку спеціальних факультативних дисциплін: методологія та методи наукових досліджень; системний аналіз та синтез в наукових дослідженнях; методи генерації нових ідей; фізичне та математичне моделювання; критерії оцінки та прийняття оптимальних рішень; спеціальні розділи фізики, математики, теоретичної механіки. Так реалізується набуття студентами практичних навичок на реальному обладнанні. Формування системи підготовки випусковою кафедрою за запропонованою системою наведена на рисунку 3.



Рис.3.Формування системи залучення студентів до наукової роботи.

Список літератури

1. https://24tv.ua/education/osvita-ukraini_tag7093/
2. Куліков П.М., Назаренко І.І., Савіцький М.В., Перегінець І.І. Основні напрямки забезпечення високоякісної підготовки фахівців галузі. Програма і тези круглого столу «Освіта, наука, виробництво –триєдиний союз для розвитку будівельної галузі. Київ, КНУБА - 2020. С.6-9.
3. <https://kudapostupat.ua>
4. <https://karandash.ua/ua/>
5. Назаренко І.І. Системне оновлення структури та змісту технічної освіти. Наука, технології, інновації. Науковий журнал, ДНУ «УкрІНТЕІ», 2020 №1(13). С.27-30.

PROFESSIONAL TECHNICAL TRAINING BASED ON THE ASSOCIATION OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF I-IV LEVELS OF ACCREDITATION

Petro Kulikov, Ivan Nazarenko

Abstract. The specified problems of technical training of specialists and the determined ways of ensuring compliance of the content and methods of obtaining education with the needs and challenges of the development of the economy of Ukraine. Based on an in-depth and systematic analysis of current education systems, their advantages and disadvantages were determined. A structural scheme of a unified educational institution with a single end-to-end training program for obtaining the appropriate world-class professional qualification is proposed. The method of identifying capable, talented students in the first and second (1st, 2nd semesters) courses is proposed based on the assessment of the students' own desire to engage in scientific research and increase their knowledge to realize the competence of solving practical problems.

Keywords: technical education; structural scheme; unified educational complex; cross-cutting program; accreditation levels; scientific work of students.

УДК 377:[005.591.452-027.542-027.551]

Адаптивна технологія онлайн-управління професійним навчанням будівельників

Охременко С.В.

директор ТОВ «ДРБП «Новобудова», Донецьк, Україна

***Анотація.** Доведена неефективність сучасної системи професійної освіти України. Висвітлено низку причини цієї неефективності – невідповідність змісту професійної освіти вимогам ринку праці, відсутність вимірюваних індикаторів сформованості професійної компетентності (ПрК), орієнтованість педагогічних технологій на освоєння знань, а не на освоєння професійної діяльності. Обґрунтовано: 1) методологію вимірювання ПрК, де її засобом є декомпозиція професійних завдань, актуальних на ринку праці з стандартами їх виконання, а одиницями виміру є відсоток від норм терміну їх виконання; 2) педагогічну технологію формування ПрК – технологію онлайн-управління навчанням шляхом виконання декомпозиції актуальних професійних завдань. Запропоновано систему заходів для закладів освіти та мотивації педагогічних працівників до впровадження цієї технології, а здобувачів освіти до розвитку своєї ПрК.*

***Ключові слова:** професійна компетентність; педагогічна технологія; онлайн-управління.*

Якість професійної освіти (ПО) – це ступінь її відповідності вимогам ринку праці та здобувачів ПО до розвитку їх професійної компетентності (ПрК), як умови успішності на конкурентному ринку праці. Показники якості ПрК випускників будівельних закладів освіти не відповідають вимогам ринку праці та стейкхолдерів, а саме вимогам:

- *роботодавців*, з яких 70 % незадоволені підготовкою випускників (за даними Світового банку), а їх робітники мають продуктивність праці у 9 разів меншою ніж у ЄС [1];
- *громад*, у яких лише 59% випускників закладів професійної освіти отримують роботу у перший рік за кваліфікацією (за даними МОН за 2021 рік), а у ЄС – 85%, у Китаї – 91%;
- *домогосподарств*, у яких 50-80% їх працівників працюють не за фахом та мають оплату праці у 2-5 разів меншою ніж у ЄС [1];
- *держави*, що витрачає на освіту 13,1 % ВВП, як і США та більше ніж більшість країн ЄС, а має загальну продуктивність праці у 15-20 разів меншою ніж у світових лідерів.

Причинами такого стану ПО, з точки зору багатьох дослідників, є невідповідність її змісту вимогам сучасного ринку праці; педагогічних технологій – сучасним психолого-педагогічним умовам розвитку ПрК; мотивації здобувачів освіти до формування своєї ПрК, а педагогічних працівників та закладів ПО до успішної кар'єри їх випускників.

Пошуку системи осучаснення змісту ПО та технологій формування ПрК присвячено багато вітчизняних та зарубіжних досліджень, в яких пропонуються різноманітні визначення моделей та методів оцінювання, але не метричного вимірювання ПрК. Якщо результат не можливо вимірювати, то не можливо раціонально керувати процесом його досягнення.

МОН пропонує сьогодні структуру складників ПрК [2], які майже не можливо вимірювати та об'єктивно оцінювати. Відсутність конвенційних моделей ПрК, валідних, надійних та справедливих методів її вимірювання унеможливорює раціональне, а тому й ефективне формування ПрК в системі ПО та визнання його результатів ринком праці.

Нами розроблено та обґрунтовано модель ПрК будівельників з метричними онлайн-індикаторами її вимірювання [3], які можливо використовувати при її оцінюванні для розвитку (Assessment for development). А от для оцінювання, що має значення (Assessment that matters) необхідні не тільки надійні та валідні методи вимірювання ПрК, а й методи з очевидною валідністю, тобто які сприймаються тими, хто оцінює та оцінюється як найбільш справедливими, об'єктивними та перевірені часом та ринком.

Основою нашої методології вимірювання ПрК стали результати досліджень фахівців організаційної психології, предметом якої є проблеми організації та управління у бізнесі, підбору персоналу, мотивації, навчання та розвитку співробітників, організаційної поведінки. Тобто

проблеми ефективності управління організацією та її персоналом. Згідно цих досліджень найбільш справедливими та валідними методами оцінювання ПрК є методи «асесмент-центр» та метод «оцінки зразків робіт» [4, с.154]. Проте ці методи мають великі питомі витрати на їх застосування, але ІТ дозволяють їх суттєво скоротити [5, с.188-189].

Метод «оцінки зразків робіт» є найстарішим методом оцінювання фахівців, очевидна валідність якого обґрунтована часом, достатньо пригадати походження слова «шедевр». Конструктивна валідність цього методу обґрунтована дослідженнями організаційних психологів [4] та навіть загальноприйнятим визначенням ПрК, як здатності ефективно виконувати відповідні завдання, вирішувати задачі та проблеми (далі завдання). Його *змістова валідність* забезпечується відповідним підбором завдань та стандартом якості їх виконання. Процес та результат виконання завдань – праці, як правило, мають відповідні стандарти їх якості – стандарти професійної діяльності, які людськість навчилася створювати та об'єктивно оцінювати відповідність цим стандартам результатів праці.

Тому ми пропонуємо *нову методологію вимірювання ПрК*, де її засобом є система *декомпозиції завдань з відповідними стандартами їх виконання*, а *одиницями виміру* рівня ПрК – є відсоток від норм терміну їх виконання згідно цих стандартів [5, с.173-176]. Термін якісного виконання цих завдань – це індикатор продуктивності та ефективності праці, це об'єктивний, економічний показник, що легко фіксується в онлайн режимі. Стандарти якості виконання виробничих завдань з вимірюваними індикаторами якості визначаються їх постановником або об'єднаннями фахівців для їх ефективної взаємодії з ринком. А *відповідна декомпозиція цих завдань з стандартами її виконання* має стати результатом науково-методичного дослідження закладів професійної освіти для їх ефективної взаємодії з ринком. Структурно-логічна схема виконання декомпозиції актуальних професійних завдань від актуальних для ринку до завдань для кожного напрямку та предмету навчання має стати основою навчальних програм для їх відповідності сучасним вимогам ринку праці.

Постійне осучаснення стандартів професійної діяльності та професійні стандарти, що визначають необхідний рівень ПрК, потрібні об'єднанням відповідних фахівців для успішного їх просування на відповідних ринках. Розробленням та осучасненням цих стандартів можуть займатися, на договірній основі, відповідні дослідницькі організації методом «аналізу роботи» [4]. Ці дослідження можуть проводити й об'єднання відповідних закладів професійної освіти, які мають зацікавленість у відповідності їх освітніх послуг вимогам сучасного ринку праці. Вони же можуть й розробляти відповідну декомпозицію актуальних професійних завдань у структурно-логічну схему навчальних завдань з відповідними стандартами їх виконання, як основи складання відповідних навчальних програм та створення засобів вимірювання ПрК для їх оцінювання, що має значення.

Сам процес оцінювання (Assessment that matters) повинен проходити за схемою, яка переконує потенційних роботодавців та колег того, хто оцінюється у її об'єктивності та справедливості. Такою схемою може бути онлайн-захист виконання відповідних навчальних завдань здобувачів освіти з коментарями їх викладачів та колег для роботодавців. Отже, здобувачі освіти та викладачі стануть для ринку праці по одну сторону барикад, що створить умови для успішної кар'єри випускників, а тому й для успішності викладачів та закладів ПО.

Проте, сучасна професійна освіта в Україні орієнтована на розсіяну (за В.П.Безпалько) передачу інформації - знань, навіть використовуючи новітні веб та онлайн-технології, хоча й декларує компетентнісний підхід, але не має засобів об'єктивного вимірювання ПрК, а отже й раціонального її формування. Тому викладачі та здобувачі освіти орієнтовані не на вимоги сучасного ринку, а на вимоги осіб, які їх оцінюють, що ставить їх по різні сторони барикад та створює умови для зловживань при оцінюванні, та недовіри до нього ринку праці.

Таким чином, зміна змісту та цілей професійного навчання з освоєння знань на освоєння діяльності з виконання системи декомпозованих завдань, актуальних для сучасного ринку праці, передбачає зміну педагогічної технології з технології передачі знань на технологію управління процесом освоєння виконання декомпозованих завдань, на управління навчанням кожної особи

здобувача освіти, що передбачає її мотивацію, планування дій, їх організацію, забезпечення та контроль.

Педагогічні теорії (діяльності та контекстного навчання) та пристосування веб-платформ з бізнесу для освіти надають можливість створити *адаптивну технологію онлайн-управління навчанням*, що складається з педагогічних умов застосування підпрограм управління *завданнями*, *«справами»*, *базою знань* і *реєстрами*.

Управління *реєстром* учасників навчального процесу е-профілями і е-портфоліо надає можливість їх швидкого пошуку з фільтром за необхідними даними, а менеджерам колл-центру та педагогічним працівникам – верифікувати е-профілі і е-портфоліо здобувачів освіти задля їх розміщення на веб-сайті для просування на ринку праці [3]. Це створить умови для відповідної мотивації здобувачів освіти не тільки для отримання диплому, а й для формування своєї ПрК, індикаторами якої для ринку є динаміка освоєння виконання низки відповідних декомпованих завдань, презентація виконання яких увійде у їх е-портфоліо.

Управління *завданнями* і *проектами* дозволяє їх планувати, долучати до командних проектів, встановлювати та фіксувати час їх виконання й забезпечувати необхідною інформацією у програмі *«база знань»*, тобто зробити метод проектів основною технологією контекстного навчання та формування ПрК. Фіксація термінів, фактів їх виконання, оцінок керівника і колег виконавця дозволить виміряти індикатори його інтелектуальних та комунікативних здібностей, професійно важливих якостей і спрямованості, *тобто зробити процес формування ПрК раціональним та керованим на основі даних* [5].

Управління *«справами»* (угодами, подіями, е-листами, конференціями та завданнями) надає можливість їх організації, планування, нагадування, фіксування (аудіо чи відео), контролю й коментування. Все це інтегроване з е-карткою, е-кабінетом та календарем кожної особи, що дозволить разом з програмою *«управлінням завданнями»* зробити масовим *персоніфіковане навчання та формування ПрК*.

Всі ці підпрограми на платформі Usresy або Бітрикс24 та сайт, що інтегровані з е-кабінетами та календарями кожного учасника навчального процесу мають мобільну версію, що надає можливість створення закладу освіти у смартфоні. Отже ця педагогічна технологія на основі даних уможливує адаптувати зміст освіти до вимог ринку праці, а процес та темп навчання до здібностей та можливостей здобувачів освіти в масовій системі ПО [5].

Для створення та осучаснення стандартів професійної діяльності (низки її актуальних завдань з стандартами якості їх виконання) та професійних стандартів (індикаторів ПрК, як нормативів виконання низки актуальних для ринку завдань) впровадження інноваційних методів вимірювання рівнів ПрК здобувачів освіти та педагогічної технології, як управління персоніфікованим формування ПрК шляхом виконання низки декомпованих завдань необхідні відповідна мотивація, організація та забезпечення діяльності відповідних педагогічних працівників. Такою мотивацією може бути оплата їх праці на за години передування на роботі, а за створення декомпозиції відповідних завдань з стандартами їх виконання та кількість онлайн-захистів виконання таких завдань їхніх здобувачів освіти.

Таким чином, проблему низької ефективності професійної освіти, що є наслідком невідповідності її змісту сучасним вимогам ринку праці, відсутності конвенційних моделей та індикаторів ПрК, об'єктивних методів їх вимірювання, а тому й відповідних педагогічних технологій формування ПрК у масовій системі ПО можливо вирішити шляхом організації:

- 1) дослідження актуальних професійних завдань з індикаторами якості їх виконання для відповідних професій та фахів методом «аналізу роботи» [4] для створення відповідних *стандартів професійної діяльності*;
- 2) створення індикаторів ПрК фахівця, як нормативів часу виконання переліку відповідних завдань, згідно стандартів їх виконання, для створення відповідного *професійного стандарту*;
- 3) створення декомпозиції актуальних професійних завдань відповідних фаху здобувачів освіти для розроблення структурно-логічної схеми та освітньої програми, як основи *стандарту професійної освіти*;

4) створення *схем, методів та засобів вимірювання та оцінювання* для розвитку ПрК та оцінювання, що має значення, яким би довіряв ринок праці та усі відповідні стейкхолдери;

5) впровадження *адаптивної технології онлайн-управління навчанням*, що передбачає мотивацію, планування, організацію та контроль виконання низки навчальних завдань, які є декомпозицією актуальних професійних завдань, що забезпечується відповідними комп'ютерними підпрограмами управління завданнями, «справами», базою знань і реєстрами здобувачів освіти на відповідних веб платформах;

6) системи *мотивації педагогічних працівників та закладів ПО* до створення та осучаснення: стандартів професійної діяльності (як низки завдань зі стандартами якості їх виконання), професійних стандартів (як нормативів виконання відповідних професійних завдань), програми професійної освіти (як декомпозиції професійних завдань з стандартами якості та нормативами їх виконання); до захисту виконання декомпозованих завдань їх здобувачів професійної освіти та до просування їх е-портфоліо на ринку праці.

Список літератури

1. Хімена Дель Карпіо, О. Купець, Н.Мюллер, А. Олефір. Навички для сучасної України 2017. Міжнародний банк реконструкції та розвитку та Світовий банк 1818 H Street NW, Washington DC 20433, 2017. 146 с.
2. Наказ Міністерства освіти і науки України від 01.06.2017 р. № 600 (у редакції наказу Міністерства освіти і науки України від 30.04.2020 р. № 584
3. Охременко С.В., Костюченко, М.П., Каленський А.А. Онлайн-індикатори професійної компетентності будівельників. Інформаційні технології та засоби навчання. 2022. Том 91, №5 С. 52-69. Режим доступу: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5022>
4. Мучински П., «Психологія. Професія. Кар'єра». СПб: Питер, 2004. С 539.
5. Охременко С., «Формування професійної компетентності майбутніх кваліфікованих робітників будівельної галузі з використанням онлайн-технологій». Дисертація доктора філософії з професійної освіти 015. ПТОО НАПНУ К., 2022. Режим доступу: <https://old.ivet.edu.ua/index.php/component/k2/%E2%84%96/1441-spetsializovana-vchena-rada-df-26458013>

ADAPTIVE ONLINE MANAGEMENT TECHNOLOGY PROFESSIONAL TRAINING OF BUILDERS

Serhii Okhremenko

***Abstract.** The ineffectiveness of the modern system of vocational education in Ukraine has been proven. A number of reasons for this inefficiency are highlighted - the inconsistency of the content of professional education with the requirements of the labor market, the lack of measurable indicators of the formation of professional competence (PC), the orientation of pedagogical technologies on the development of knowledge, and not on the development of professional activities. The following are substantiated: 1) the methodology of measuring PC, where its means is the decomposition of professional tasks relevant in the labor market with the standards of their performance, and the units of measurement are the percentage of the norms of the term of their performance; 2) the pedagogical technology of the formation of PC - the technology of online learning management by performing the decomposition of relevant professional tasks. A system of measures for the educational institution and motivation of teaching staff to implement this technology, and education seekers to develop their PC, is proposed.*

***Keywords:** professional competence; pedagogical technology; online management.*

УДК 378.4

Управління закладом вищої освіти в умовах військового стану

Новиков Д.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Проаналізовано проблеми освіти в умовах збройних конфліктів, зокрема організації навчання та розроблення механізмів захисту освіти в умовах надзвичайних ситуацій та військових дій. Досліджено прямі та довготривалі негативні наслідки впливу на систему. Зроблено висновок, що для продовження навчального процесу в умовах військових дій існує варіація форматів, які освітяни можуть розглядати у відповідності до кожної конкретної ситуації. Забезпечення продовження процесу навчання означає надання освіти в інший спосіб, за рахунок чого здобувачі матимуть доступ до навчання, не зважаючи на переривання традиційного навчального процесу. Методи альтернативного надання освіти можуть включати, але не обмежуватися зміною місць навчання, неформальними програмами навчання, інтенсифікацією навчальних занять, організацією тимчасових місць для навчання або домашніми школами. Можливе використання дистанційних методів навчання.*

***Ключові слова:** збройні конфлікти; освіта в умовах війни; освітній процес; безперервність освіти.*

Українська система вищої освіти, зазнала та зазнає суттєвих збитків через збройне вторгнення, проте встояла. Органам влади частково вдалося виробити ефективні рішення для стабілізації системи вищої освіти в цих складних умовах. Велике значення в цьому процесі мали згуртованість української освітянської спільноти, мотивація продовжувати навчати і навчатися, достатньо ефективна внутрішня політика українських закладів вищої освіти. Україна намагається виробити обґрунтований перелік заходів і завдань, які необхідно виконати для відновлення та подальшої трансформації системи вищої освіти. Для цього проводиться велика робота з виявлення та фіксації збитків, завданих закладам вищої освіти та освітянам, готуються аналітичні та експертні документи.

На думку експертів, Україна найближчим часом буде змушена зосередитись у сфері освіти на «(1) подоланні викликів воєнних руйнувань, (2) переосмисленні та виробленні нового бачення системи загалом для забезпечення її всебічного розвитку, (3) створенні позитивних умов для трансформації мережі закладів освіти, яка відповідатиме соціальним та економічним потребам України, (4) підвищенні якості освіти, (5) підтримці забезпечення інноваційного навчального та дослідницького середовища, (6) посиленні співпраці зі стейкхолдерами різного рівня та впливовості, щоб забезпечити залучення та позитивні результати для всіх студентів і стейкхолдерів».[2] Також експерти наводять досить розлогий перелік необхідних кроків, які має зробити держава для відновлення системи вищої освіти. На їхню думку, в основу такого відновлення, зокрема, слід покласти філософію переходу від кількості до якості, від швидких несистемних рішень до послідовної політики, від підпорядкування ЗВО різним державним органам до єдиної системи вищої освіти

Система вищої освіти України, як і решта сфер життя країни, зазнала серйозних втрат і руйнувань внаслідок нового етапу війни, який 24 лютого 2022 року проти України розпочала росія. Після початку повномасштабної збройної агресії ситуація у вищій освіті України ускладнилася. Освітній процес було призупинено, увесь цей час зазнають руйнувань будівлі українських закладів освіти, учасники освітнього процесу опинилися в різних умовах, часто за межами України або в регіонах подалі від зони бойових дій; дехто продовжує перебувати на тимчасово окупованих територіях. Українська система вищої освіти, як і у 2014 році, після анексії Криму та початку воєнних дій на Донбасі, стикнулася з питанням переміщення закладів освіти на підконтрольну територію. Все це змусило адаптувати освітній процес до нових умов.

На сьогодні Україна перебуває не просто в умовах воєнного стану, а в умовах тяжкої і дуже виснажливої для держави війни. Ці обставини суттєво змінюють основні положення не лише військового, а й суто цивільного життя країни. І це автоматично означає, що змінюються умови життя практично кожного окремого громадянина. У такі часи кожен громадянин, як ніколи, повинен

намагатися максимально реалізувати свої здібності, навички та знання на користь держави. Зі свого боку держава повинна намагатися найбільш ефективно використовувати кожного громадянина, щоб забезпечити гідний опір будь-якій агресії і майбутнє своє існування. Передусім треба усвідомити, що введення воєнного стану автоматично змінює морально-правові відносини між здобувачами вищої освіти і державою. Якщо за нормальних умов життя якість навчання віддається певним чином на бажання чи небажання здобувачів освоювати належним чином ті чи ті навчальні дисципліни (можна вчитися на мінімальні оцінки і успішно переводитися з курсу на курс), то в умовах воєнного стану кожен здобувач зобов'язаний учитися на максимально можливих для нього обертах. Треба пам'ятати, що держава звільняє здобувачів вищої освіти від призову на військову службу, тобто сподівається, що той чи той громадянин саме як студент приносить їй найбільшу користь у цих умовах, в умовах воєнного стану. Але ж ті сподівання треба намагатися якось виправдовувати, реалізувати, а якщо ці намагання не реалізуються, треба щось змінювати.

1. В умовах воєнного стану Міністерства освіти спільно з Генштабом ЗСУ треба дати право в будь-який час визначати критичне значення балу навчання, яке дає право на звільнення від призову до військової служби. Воно може неодноразово змінюватися залежно від конкретної ситуації. Усі студенти, які на час оприлюднення критичного балу мають оцінки, нижчі такого балу (у тому числі академічні заборгованості), позбавляються права звільнення від призову до військової служби. Вони не відраховуються з ВНЗ і, якщо не призиваються до служби, продовжують вчитися. Якщо ж вони призиваються до військової служби, то після звільнення автоматично зараховуються до свого ВНЗ на той курс, з якого були призвані. Ці дії треба приймати не як покарання, а як перехід на більш ефективно для держави положення на період воєнного часу.

2. Вища технічна освіта повинна оперативнo реагувати на зміну майбутнього попиту на ті чи ті професії, зумовлену воєнним станом і загальним станом інфраструктури держави. Такі пропозиції не є новими, але вони дотепер не конкретизовані, а тому і досі мало що змінюється, а час іде. Мабуть що, найбільш гостро ці питання стоять зараз перед вищими закладами будівельної галузі. Ціла низка проблем потребує свого вирішення. Так на сьогодні Збройні сили потребують масового виготовлення мобільних фортифікаційних споруд, украй великими є обсяги робіт з відновлювання зруйнованих будівель і споруд, усе більш глобальною стає потреба в створенні нового житла і все це в умовах суттєво порушеної загальної інфраструктури держави. З цього погляду, навчальні дисципліни, у яких розглядаються питання технічної діагностики та підсилення конструкцій різноманітних будівель і споруд, технології та охорони праці під час виконання відновлювальних робіт, особливості будівництва фортифікаційних споруд, конструктивні рішення та технології швидкого зведення блок-модульних будинків повинні бути негайно введені до навчальних планів і переведені до розряду нормативних дисциплін як для бакалаврів, так і для магістрів, з розширенням, за потреби, обсягів навчальних годин для цих дисциплін. У рамках цих навчальних дисциплін треба намагатися організувати виробничі практики (ті ж самі студентські загони), де б студенти мали змогу брати безпосередню участь у роботах відповідного напрямку.

3. Друга теза зумовлює формулювання третьої, а саме: будівельним і, мабуть, будь-яким технічним ДВНЗ, треба негайно дати право самостійного вирішення співвідношення нормативних та вибіркового дисциплін у межах наданого загального обсягу фінансування (ця проблема потребує окремого обговорення). В умовах воєнного стану, а тим більше прямої війни, треба вивчати здебільшого й освоювати те, чого потребує держава, і це необхідно вирішувати окремо щодо кожного вишу залежно від його професійної орієнтації.

4. З початку нового навчального року в усіх ДВНЗ повинні бути започатковані кафедра військової та санітарно-медичної підготовки. Цей захід для нашої держави є доцільним не лише на сьогодні, а й на майбутні часи.

Останню тезу підказують наші Збройні сили, успішність яких, за оцінками багатьох експертів, зумовлюється насамперед ефективністю їх дій. Тож організація навчального процесу сьогодні теж повинна здійснюватися передусім за критеріями корисності та ефективності. Усі заходи, документи, довідки та звіти повинні мати своє зрозуміле смислове наповнення. Нічого зайвого. Ця теза повинна бути основою в сьогоднішній діяльності керівного складу будь-якого навчального закладу.

У своїй діяльності вищі військові навчальні заклади повинні зосередити увагу на принципі систематичності й системності в навчанні, що за результатами навчання передбачає:

- організацію та проєктування процесу навчання, який будується на основі твердо встановлених навчальних планів і програм, що забезпечують вивчення чітко відібраного матеріалу;
- поступовість та послідовність, із якими необхідно рухатися від одного ступеня навчального процесу до наступного;
- встановлення тісного й міцного зв'язку між вивченими питаннями у відповідній послідовності;
- першочергове приділення уваги головному, основному, навколо якого групується менш суттєве, вихідне;
- критичне та раціональне мислення й уміння приймати оптимальні рішення в умовах бойових дій.

Освітній процес може вважатися досконалим лише тоді, коли він забезпечує не лише успішне задоволення суспільних запитів сьогодення, а й визначає загальні підходи до розв'язання майбутніх проблем. Ефективна організація нововведень у закладі освіти залежить від розвитку його потенціалу, професійної компетентності педагогічного колективу щодо роботи в умовах пошуку, науково-методичної й матеріально-технічної підтримки інноваційних змін. Необхідність застосування системного підходу в процесі навчання, прийняття рішень та з метою ефективного управління у сфері освіти є очевидною. Формування системного підходу в освітньому процесі ґрунтується на використанні інтерактивних методів навчання, що означає суттєві зміни в методиці підготовки майбутніх офіцерів. Освітній процес стає більш активним і продуктивним. Інтерактивне навчання передбачає застосування таких методів навчання, як рольові й ділові ігри, «мозкова атака», круглий стіл, тренінги, метод проєктів, дискусія, використання професійних ситуацій, організації та проведення тактичних (тактико-спеціальних) навчань і тренувань. Ці методи сприяють формуванню професійних умінь та навичок, створюють атмосферу співробітництва, забезпечують мотивацію освітнього процесу.

Список літератури:

1. Питання Національної ради з відновлення України від наслідків війни : Указ Президента України від 21.04.2022 № 266/2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266/2022#Text>.
2. План відновлення. Освіта і наука (проєкт станом на 03.08.2022). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obg>
3. Про внесення змін до деяких законів України щодо державних гарантій в умовах воєнного стану, надзвичайної ситуації або надзвичайного стану : Закон України від 15.03.2022 № 2126-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2126-20#Text>
4. Зайченко О. І. Державно-громадське управління в системі освіти району. Теорія та методика управління освітою. 2010. № 4. С. 21–29. URL: http://umo.edu.ua/images/content/nashi_vydanya/metod_upr_osvit/v_2/11.pdf.

MANAGEMENT OF A HIGHER EDUCATION INSTITUTION UNDER MARTIAL LAW

Dmytro Novykov

Abstract. *The problems of education in the conditions of armed conflicts are analyzed, in particular, the organization of training and the development of mechanisms for the protection of education in the conditions of emergency situations and military operations. The direct and long-term negative consequences of the impact on the system have been studied. It was concluded that for the continuation of the educational process in the conditions of military operations, there is a variation of formats that educators can consider in accordance with each specific situation. Continuity of learning means providing education in a different way so that learners have access to learning regardless of the interruption of the traditional learning process. Alternative education methods may include, but are not limited to, re-locations, non-formal learning programs, intensification of learning activities, temporary study placements, or home schools. It is possible to use distance learning methods.*

Keywords: *armed conflicts; education in war conditions; educational process; continuity of education.*

УДК 377.5

Методика підготовки фахівців з використанням BIM технологій.

Назаренко І.І.^{1,2}, Перегінець І.І.², Смірнов Ю.О.³

1-Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

2- Академія будівництва України, Київ, Україна.

3-"Allbau Software GmbH", Київ, Україна.

***Анотація.** Приведені основні положення BIM технологій, її історичні аспекти виникнення, застосування та розвиток в різних країнах. Здійснено глибокий та змістовний аналіз існуючих методів засвоєння знань та принципів моделювання BIM технологій. Запропонована методика освоєння знань BIM із застосування кластерного підходу, забезпечення принципів моделювання BIM та застосування в практичній діяльності BIM менеджера. Методика занять побудована на реалізації нерозривності застосування отриманих знань і рішення конкретних практичних задач за критерієм мінімізації витраченого часу на рішення завдань.*

***Ключові слова:** BIM; технологія; метод; модуль; кластер; підготовка фахівців; заняття; принципи моделювання; життєвий цикл.*

Будівельна галузь України в своєму розвитку потребує пришвидшене застосування енергоощадних та енергоефективних технологій в тому числі принципово нового підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, що полягає у створенні комп'ютерної моделі нової будівлі, яка охоплює усі відомості про майбутній об'єкт - Building Information Model (BIM). Поняття інформаційного моделювання будівлі як засіб її параметризації було вперше запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом (Chuck Eastman) у 1975 році в журналі Американського Інституту Архітекторів (AIA) під робочою назвою «Building Description System» (Система опису будівлі) [1]. Наприкінці 1970-х - на початку 1980-х ця концепція розвивалася паралельно в Європі і США, причому в США найчастіше вживався термін «Building Product Model», а в Європі (особливо у Фінляндії) - «Product Information Model». При цьому слово Product підкреслювало першочергову орієнтацію уваги дослідників на об'єкт проектування, а не на процес. Об'єднання цих двох назв і привело до народження «Building Information Model». Паралельно в розробці підходів до інформаційного моделювання будівель європейцями в середині 1980-х застосовувалися німецький термін «Bauinformatik» і голландський «Gebouwmodel», які в перекладі також відповідали англійському «Building Model» або «Building Information Model». Ці концептуальні підходи супроводжувалися напрацюванням єдиного наповнення використовуваних понять, що в результаті і призвело в 1992 році до появи в науковій літературі терміну «Building Information Model» у його нинішньому змісті. Приблизно із 2002 р. концепцію Building Information Model перейняли розробники програмного забезпечення, зробивши це поняття одним із ключових у своїй термінології. Невдовзі BIM було узятो на озброєння Bentley Systems, Autodesk и Graphisoft та ін. Надалі аббревіатура BIM увійшла до лексики фахівців із систем автоматизованого проектування і набула широкого розповсюдження в усьому світі. В Україні BIM-технології вже застосовуються у діяльності окремих організацій, що переважно визначається двовимірним проектуванням, зберігання та передача інформації під час якого здійснюється окремо в паперовому та/або в електронному форматі. Разом з тим, активне впровадження BIM в Україні стримується навіть попри схвалені розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні. Обумовлено такий стан рядом невирішених проблем, серед яких на нашу думку головним чинником є відсутність системного підходу до досконалого ознайомлення із даною інформаційною технологією BIM та методології її застосування. Авторами здійснено глибокий та змістовний аналіз існуючих методів засвоєння знань та принципів моделювання BIM технологій. При виборі методики освоєння знань BIM ми виходили із застосування кластерного підходу [2], забезпечення принципів

моделювання BIM та застосування в практичній діяльності BIM менеджера в управлінні процесом [3]. До принципів моделювання BIM відносяться: принцип корисності інформації в моделі; принцип електронності; принцип процесної єдності; принцип повноти життєвого циклу активів; принцип історичності; принцип успадкування; принцип системності; принцип інформаційної доступності; принцип достатності; принцип інтегрованості; принцип інформаційної безпеки та принцип відкритості даних. Віддаючи належне важливості приведених принципів, суть яких проаналізована в роботі, звертаємо увагу на четвертий принцип моделювання BIM (принцип повноти життєвого циклу активів) який передбачає, що BIM-модель має охоплювати повний життєвий цикл активів, починаючи від досліджень, потім, через проектування та будівництво, до експлуатації, управління системами забезпечення діяльності організацій, ремонтів, реконструкції та утилізації. Саме системне охоплення всіх етапів BIM технологій (рис.1) є методологічним підходом в освоєнні знань. При цьому методика занять побудована на реалізації нерозривності застосування отриманих знань і рішення конкретних практичних задач за критерієм мінімізації витраченого часу на рішення завдань [4].

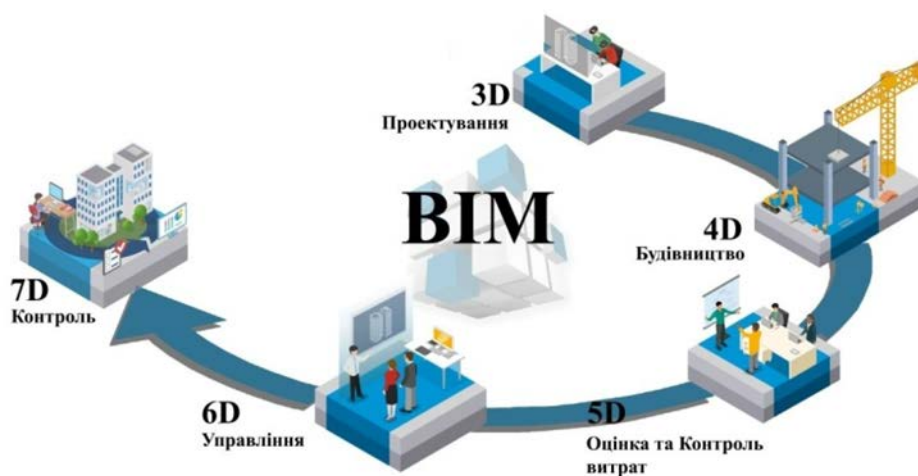


Рис.1. Схема BIM технології

Програма навчання складається із чотирьох модулів. Модуль I. Введення в BIM (життєвий цикл (ЖЦ) об'єкта нерухомості в BIM, термінологія в BIM та інш.). Модуль II. Спільна робота в BIM (Формати, взаємодія та інш.). Модуль III. Проектування в BIM (Основи проектування, вихідні дані для BIM та інш.). Модуль IV. Управління проектами. Будівництво з BIM (Кошториси в BIM, управління процесом будівництва в BIM та інш.). Кожний модуль передбачає також практичні заняття, тести, колективне обговорення отриманих знань. По завершенні модуля проводиться за програмою: BIM-клуб. Круглий стіл. Підсумки тижня.

Список літератури.

1. <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=333304>
2. Куліков П.М., Назаренко І.І., Савицький М.В., Перегінець І.І. Основні напрямки забезпечення високоякісної підготовки фахівців галузі. Програма і тези круглого столу «Освіта, наука, виробництво – триєдиний союз для розвитку будівельної галузі. Київ, КНУБА - 2020. С.6-9.
3. Николаев В.П., Николаева Т.В. Інформаційне моделювання будівель: імперативи оптимізації будівельно-експлуатаційного процесу. // Будівельне виробництво. - 2015. - № 59. - С. 17-26.
4. Назаренко І.І., Гарнець В.М., Свідерський А.Т. та інші Системний аналіз технічних об'єктів. Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2009. – 164 с

METHODOLOGY OF TRAINING SPECIALISTS USING VIM TECHNOLOGIES.

Ivan Nazarenko, Ivan Pereghinets, Yuri Smirnov

***Abstract.** The main provisions of BIM technologies, historical aspects of its origin, application and development in different countries are presented. A deep and meaningful analysis of existing knowledge acquisition methods and BIM technology modeling principles was carried out. The proposed method of mastering BIM knowledge using the cluster approach, ensuring the principles of BIM modeling and applying the manager's BIM in practical activities. The training methodology is based on the realization of the inseparability of the application of acquired knowledge and the solution of specific practical problems according to the criterion of minimizing the time spent on solving problems.*

***Keywords:** BIM; technology; method; module; cluster; training of specialists; classes; modeling principles; life cycle.*

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF CONSTRUCTION AND
ARCHITECTURE**

**ACADEMY OF CONSTRUCTION OF UKRAINE
STATE ENTERPRISE “STATE RESEARCH INSTITUTE OF
BUILDING CONSTRUCTIONS”**

**MINISTRY FOR COMMUNITIES, TERRITORIES AND
INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF UKRAINE**



**Conference
proceedings
of
IV International scientific-practical conference
«ENERGY-SAVING MACHINES AND
TECHNOLOGIES»**

23-25.05.2023

Kyiv 2023