

# Методи проектування висотних будівель з використанням технології інформаційного моделювання на базі ПК «САПФІР»

Башинський О.В.

науковий керівник: Барабаш М.С., д.т.н., професор  
Навчально-науковий інститут Аеропортів  
Національний авіаційний університет  
*alex.bashinsky97@gmail.com*

**Анотація** — при проектуванні будівельних об'єктів від архітекторів вимагається надання більш детальної інформації про об'єкт проектування, ніж просто малюнок будівлі, який описує їх творчий «дизайнерський намір». Інформація, яку потребує конструктор, будівельна компанія, відрізняється від інформації, необхідної для управління будівлею під час його життєвого циклу. Будь-який об'єкт будівництва існує в трьох стадіях управління життєвим циклом – дизайн, будівництво, управління. У зв'язку з цим і необхідна нова технологія інформаційного моделювання

**Ключові слова** — математична модель, зображення моделі, «віртуальна будівля»

## I. ВСТУП

ВІМ-технологія пропонує ефективну та автоматизовану комунікаційну платформу для архітектурно-будівельного проектування. Одним з найбільш важливих етапів функціонування ВІМ-технології є тісний інформаційний взаємозв'язок між усіма етапами життєвого циклу об'єкта будівництва. На кожному етапі створюється модель проектного об'єкта. На перед проектній стадії (дизайнерській) створюється ескізна модель, де важливим є візуалізація. Далі на стадії архітектурного проектування створюється архітектурна модель і потім аналітична модель. Архітектурна модель містить всі основні елементи, що визначають всі експлуатаційні якості та технологію функціонування об'єкта: призначення та взаємне розташування приміщень, стіни, колони, балки, вікна, двері, сходи та ін. Аналітична модель включає тільки конструктивні елементи: несучі стіни, колони, пілони, балки, плити перекриттів, фундаментні плити, тобто елементи, які відповідають за міцність і стійкість споруди. Оскільки збереження концептуального дизайну є важливим для проектування будівель, особливого значення набуває цілісність та узгодженість цифрової інформації про будівлю з самого початку робіт до їх завершення.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Велику частину часу при роботі над проектом займає детальне проектування і підготовка робочої документації. Після завершення ескізного проектування модель

зазвичай експортується в формат традиційної САПР (DFX™, DWG і ін.), а потім імпортується в розрахунковий програмний комплекс. Однією з ключових проблем управління життєвим циклом будівництва є те, що різні учасники проекту вимагають різного типу інформації від архітектора. Інформація, необхідна для конструктора відрізняється від інформації, необхідної для будівельної компанії, і сильно відрізняється від інформації, необхідної для управління будівлею під час його життєвого циклу. Технологія ВІМ дозволяє програмним комплексам різного призначення обмінюватися інформацією через загальноприйняті формати файлів, такі як IFC, DFX-DWG і API.

Недоліки роз'єданого процесу створення схематичне і деталізованої моделей створення об'єкту проектування очевидні. Перш за все, в процесі проектування необхідно постійно зберігати всі варіанти об'єкта проектування на паперових носіях і багаторазово вводити в комп'ютер. Імпорт та експорт файлів може забрати багато часу і супроводжуватися помилками. Втрачається важлива інформація про будівлю, отримана на стадії ескізного проектування; особливо це стосується архітектурного задуму. Що відбувається при зміні ескізу на стадії детального опрацювання (таке трапляється, коли замовник раптово хоче щось поміняти в останню хвилину)? Що залишається проектувальнику – виправляти ескізну модель, імпортувати її в деталізовану модель (аналітичну модель) або розрахункову схему і намагатися синхронізувати їх вручну? Другий шлях – просто видалити елементи, яких торкнулися зміни, і почати їх проектування заново, вже на основі зміненої концепції; але при цьому абсолютно марно пропадають всі зусилля, витрачені на підготовку креслень і візуалізацію. Чи варто пробувати скоординувати їх, використовуючи нову концепцію? Рішення для інформаційного моделювання на базі САПФІР пов'яже ескізну і робочу стадії проектування. Працюючи з ПК САПФІР, проектувальник розробляє концептуальні моделі, і ставить їм у відповідність реальні компоненти будівлі.

Так як вся інформація про будівлю зберігається в єдиному файлі проекту, модель будівлі своєчасно оновлюється в процесі роботи. Зміни, внесені в одному з видів, автоматично виробляються у всіх інших, включаю-

чи плани поверхів, розрізи і фасади, 3D-моделі і специфікації матеріалів. Інформаційна модель будівлі зводить до мінімуму повторення в роботі і практично виключає ризик помилок, що виникають у зв'язку з внесенням змін в останню хвилину і при спільній роботі архітекторів і проектувальників. На відміну від звичайної комп'ютерної 3D-моделі, «Віртуальна будівля» містить набагато більше інформації про матеріали і характеристиках будівлі, наприклад площа поверхні і об'єм; температурні характеристики; опис приміщень; ціни; спеціальну інформацію; специфікації і вікон, дверей і оздоблень і багато іншого. На відміну від звичайної комп'ютерної 3D-моделі, «Віртуальна будівля» містить набагато більше інформації про матеріали і характеристиках будівлі, наприклад площа поверхні і об'єм; температурні характеристики; опис приміщень; ціни; спеціальну інформацію; специфікації і вікон, дверей і оздоблень і багато іншого. Модель «Virtual Building» («Віртуальна будівля») може бути корисна всім, хто пов'язаний з процесом будівництва, життєвим циклом об'єкта будівництва – архітекторам і проектувальникам, дизайнерам інтер'єру, агентам по операціях з нерухомістю, керуючим будівлею, маркетологам. Наприклад, працюючи з тією ж інформаційною моделлю будівлі «Virtual Building», що і архітектор, агент по операціях з нерухомістю може отримати точну інформацію про розміри приміщень і загальної площі будівлі, роздрукувати різні зображення майбутньої будівлі і навіть запросити потенційного покупця для віртуальної екскурсії по будівлі. Дизайнери інтер'єру можуть починати роботу вже на стадії планування моделі «Virtual Building». Після завершення будівництва керуючі будівлею можуть за допомогою списку використаних матеріалів та інтегрованого 3D плану приміщень оцінити можливості будівлі і оптимізувати використання простору. На рис. 1 представлена візуалізація архітектурної моделі висотної будівлі, створеного інструментарієм ПК САПФІР.

При існуючих підходах, в рамках традиційно використовуваних інструментальних засобів конструктор отримує від архітектора проект у вигляді креслень або, в кращому випадку, в форматі тривимірної моделі, підготовленої архітектором для візуалізації. Як правило, ці моделі не пристосовані безпосередньо для міцнісного розрахунку. Використовуючи їх в якості вихідних даних, конструктор створює розрахункову схему, найчастіше, з «нуля». При цьому, моделі, отримані від архітекторів, навіть в тривимірних форматах, служать, в кращому випадку, в якості «підкладки» при формуванні розрахункової схеми.

### III. ПРОПОНОВАНІ МЕТОДИ

Радикально змінити ситуацію в проектуванні і досягти нового рівня ефективності побудови розрахункових схем допомагає підхід, що використовує концепцію дуального уявлення моделі.

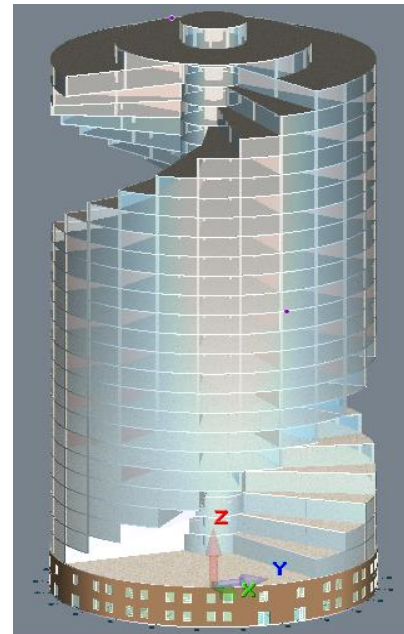


Рис. 1. 3D-модель об'єкта

Проектувальник-архітектор створює елементи конструкції, що мають чітку прикладну орієнтацію: стіни, балки, колони, перекриття тощо. При цьому формується тривимірна параметрична модель будівлі. Модель може бути відредаговано графічними засобами і шляхом зміни параметрів одиночних елементів і їх груп. На підставі параметричної моделі будівлі програма формує архітектурне і аналітичне уявлення. Проектувальник може вибирати ту чи іншу виставу моделі для вирішення певних завдань. Архітектурне подання використовується для побудови планів, фасадів і розрізів, документування проектних рішень. Аналітичне подання, будучи результатом ідеалізації геометрії конструкції, служить основою для побудови розрахункової схеми.

Такі підходи застосовуються в усіх провідних компаніях розробників програмного забезпечення будівельної галузі. Так, наприклад, в компанії Autodesk розроблена програма нового покоління – Revit, в компанії Graphisoft – програма ArchiCAD, в компанії Nemetchek – програма AllPlan. Вітчизняна розробка – САПФІР. Назва САПФІР означає Система Архітектурного проектування, формоутворення і розрахунків. Основна суть підходу – параметричне моделювання, що полягає в параметризації елементів моделі. Ці установки впливають на поведінку кожного елемента моделі і його взаємозв'язок з іншими елементами (рис.2). Такий інформаційний взаємозв'язок не тільки визначає адекватну побудову аналітичної моделі, але і в процесі проектування допомагає досягти компромісу між архітектором і конструктором. Якщо конструктору знадобиться введення додаткової колони або балки, то архітектор завжди на 3D моделі може перевірити можливість таких змін з точки зору експлуатаційних якостей об'єкта.

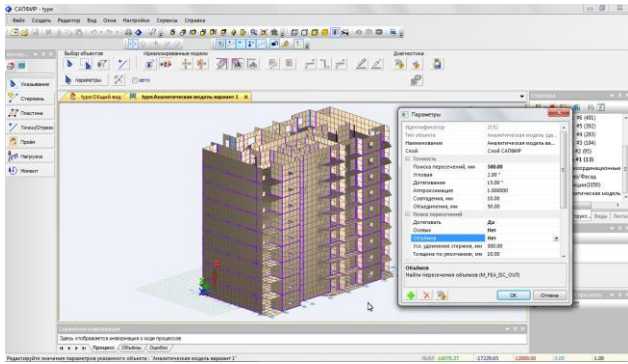


Рис. 2. Параметризація аналітичної моделі об'єкта

У більшості додатків BIM є вбудовані інструменти для того, щоб створити різні матеріали візуалізації. Прості підтримують тільки фотографічні знімки, в той час як передові пакети BIM дозволяють створення мультиплікації, фотореалістичних зображень або навіть сцен віртуальної реальності. Головна перевага BIM-технології полягає в тому, що немає ніякої потреби імпортувати і експортувати дані про об'єкт проектування між різними додатками програмними комплексами. Цей технологічний процес легко освоїти і прийняти для архітекторів; всі матеріали візуалізації можуть бути отримані прямо з тривимірної моделі, використовуючи прикладний інтерфейс BIM.

У сучасному процесі архітектурного проектування виникла відносно нова галузь комп'ютерної візуалізації – підтримка нефотореалістичного або художнього зображення. Більшість програм, що підтримують нефотореалістичне зображення, дає можливість наслідувати малюнку людини і стилям живопису, зменшуючи певні натуралістичні/реалістичні параметри комп'ютерних зображень. Цей процес може включати усунення маленьких зразкових частин або додавання розливчастих ефектів до контурів елементів. Є два стратегічних способи створити нефотореалістичне зображення: перший метод вимагає спеціального програмного забезпечення для візуалізації, який в змозі

зробити фотореалістичні зображення прямо з тривимірної моделі. Деякі додатки BIM вже включають такі інструменти; інші можуть імпортувати тривимірну модель в зовнішні додатки; для другого методу необхідні традиційний фотореалістичний інструмент уявлення і фотографія, програмне забезпечення, що дозволяє виконувати редагування (рис. 3).

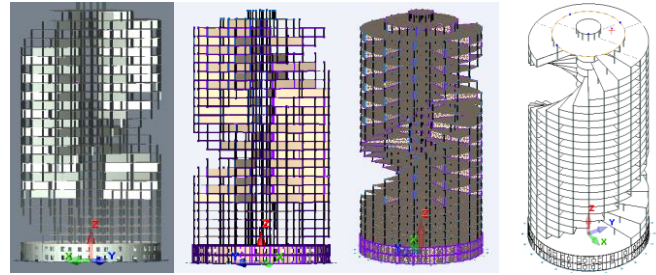


Рис. 3. Нефотореалістичні зображення моделі

#### IV. ВИСНОВКИ

Технологія, що базується на дульному поданні моделі, дозволяє істотно спростити процес отримання якісних розрахункових схем для різних варіантів конструкції будівлі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Барабаш М.С. Автоматизація побудови розрахункової моделі будинку на основі BIM технології у САПР САПФІР / Ковальов Ю.М.// Науково-технічний збірник: Технічна естетика і дизайн. – 2010. вип. № 8.
- [2] Барабаш М.С. Організація технології інтеграції систем автоматизованого проектування на базі КАЛІПСО / Терещенко А.В.// Науково-виробничий журнал: Будівництво України, №4. – К.: ДНДІАСБ, 2007, с 40 – 44.
- [3] Барабаш М.С. Технологія автоматизованого проектування с использованием цифровой модели объекта / Городецкий А.С.// Научный вестник строительства: Сборник научных работ. Вип.20, – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002, - с.179 – 186.

# Проектування нової траси Дніпро – Миколаїв із застосуванням сучасних автоматизованих систем

Заруцький І.І., Іванюк О.О., Клишкань Є.С., Скороход Р.К.

науковий керівник: Чернишова О.С., к.т.н., доцент

Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів

Навчально-науковий інститут Аеропортів

Національний авіаційний університет

Київ, Україна

[zaruczkiy.ivan@gmail.com](mailto:zaruczkiy.ivan@gmail.com), [roomster5544@gmail.com](mailto:roomster5544@gmail.com), [dzhecki1995@gmail.com](mailto:dzhecki1995@gmail.com), [skororoma@gmail.com](mailto:skororoma@gmail.com)

**Анотація** — дана робота присвячена можливостям сучасних систем автоматизованого проектування об'єктів інфраструктури та доріг. Ви рішення проектних задач розглянуто на прикладі реальної ділянки дороги. Виконано проектування плану та поздовжнього профілю, а також надано обґрунтування проектним параметрам.

**Ключові слова** — траса, системи автоматизованого проектування, проектні параметри.

## I. ВСТУП

Дипломне та курсове проектування – важлива складова навчального процесу, що дозволяє студенту узагальнити отримані знання та спробувати застосувати їх на прикладі складних практичних задач. При роботі дуже важливим питанням є можливість реалізації реальних проектів. У вирішенні згаданої проблеми суттєву користь приносить використання сучасних систем автоматизованого проектування. Яскравим прикладом яких є програма AutoCAD Civil 3D компанії Autodesk [1]. В даній роботі інструмент AutoCAD Civil 3D дозволив отримати цифрову модель місцевості та виконати проектні роботи без виконання геодезичної зйомки. Подібні розрахунки можуть і в реальному житті застосовуватися для попередньої техніко-економічної оцінки проектних рішень.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Існуюча траса Дніпро – Миколаїв (Н-11), що проходить через Кривий Ріг, має протяжність 321 км та з'єднує обласні центри. Інтенсивність руху на даній ділянці достатньо висока і в літній період перевищує 20000 авт/добу. При цьому, рух переважно відбувається в кожному напрямку по одній смузі, що не забезпечує потрібної пропускної спроможності. Ділянка також характеризується значною часткою вантажних автомобілів в структурі транспортного потоку – понад 55%. Стан дорожнього покриття, незважаючи на періодичні ремонтні заходи, знаходиться в незадовільному стані. Все це призводить до зниження середньої швидкості руху до 20...30 км/год на окремих ділянках траси та до заторів. Планами Укравтодору передбачено будівництво нової траси, яка з'єднала би

важливі обласні центри Дніпро та Миколаїв, і дозволила би розвантажити існуючу Н-11. Авторами розроблено проект нової ділянки дороги Дніпро – Миколаїв із застосуванням сучасних систем автоматизованого проектування.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Перш за все під час проектування отримано цифрову модель місцевості з супутникових карт. Фрагмент карти в горизонталях з існуючими населеними пунктами, об'єктами інфраструктури та водозаборами показано на рис.1. Напрямок проектування наведено на рис.2.

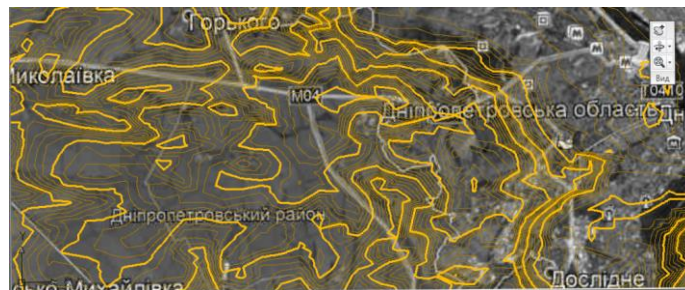


Рис. 1. Фрагмент рельєфу місцевості проектної ділянки.

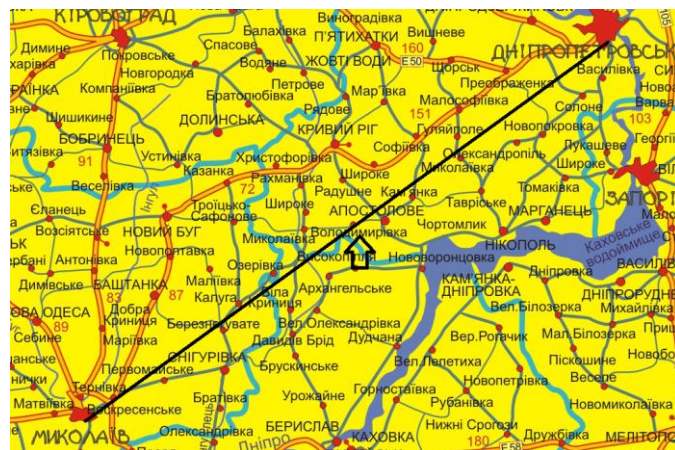


Рис. 2. Фрагмент рельєфу місцевості проектної ділянки.

При проектуванні враховувалися вимоги Державних будівельних норм України [2]. Але також було проведено порівняння декількох варіантів з метою виявлення раціональних проектних параметрів. Саме застосування програмного комплексу AutoCAD Civil 3D суттєво полегшило проектувальну роботу та надало можливість розглянути декілька перспективних варіантів і виконати їхню оцінку. Запроектовані план та поздовжній профіль ділянки дороги Дніпро – Миколаїв дозволили виконати розрахунки з розподілу земляних мас, підібрати водопропускні споруди. При остаточній оцінці варіантів враховувалися такі показники: довжина ділянки, кількість штучних споруд, розміри капітальних вкладень та щорічних експлуатаційних витрат.

Довжина запроектованої ділянки становить 227 км, що дозволить суттєво скоротити час перебування у поїзді, витрати пального та негативний вплив на навколишнє середовище. А також створить комфортні умови для водіїв та пасажирів.

Реалізація даного проекту є актуальним питанням з точки зору економічного розвитку регіонів та країни в цілому.

#### IV. ВИСНОВКИ

Авторами розроблено проект ділянки нової дороги Дніпро – Миколаїв, який дає можливість попередньо оцінити перспективи та вартість. Запроектована ділянка дозволить майже на 100 км скоротити маршрут, і, як наслідок, експлуатаційні витрати в майбутньому, а також витрати часу, паливних ресурсів й рівень впливу на навколишнє середовище. Пропонується існуючу ділянку траси Н-11 залишити для руху важкого вантажного та сільськогосподарського транспорту, а нову переважно для легкових автомобілів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Davenport C., Voiculescu I. Mastering AutoCAD Civil 3D 2016: Autodesk Official Press – California: Sybex, 2015. – 1128 p.
- [2] ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Ч.1. Проектування. Ч.2. Будівництво. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 104 с.

# Модель світлодіодного небосхилу для архітектури та будівництва

Косов А.О.

науковий керівник: Мельник О. С.  
Кафедра електроніки,  
Інститут аеронавігації,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
KosovAnton@i.ua

**Анотація** — розглядається можливість створення експериментального світлового середовища (штучного небосхилу) для дослідження варіантів штучного, природного та сумісного освітлення при формуванні композицій екстер'єру та інтер'єру будівель та приміщень. Запропонована схема комп'ютерного керування світлодіодними комірками, які формують розподіл світла і кольору. Такий небосхил з автоматизованою системою управління світлодіодним освітленням забезпечує досліди потреби будь-яких світлотехнічних лабораторій.

**Ключові слова** — штучний небосхил, геліокліматрон, контролер, штучне освітлення, світлодіодна комірка.

## I. ВСТУП

Світлове середовище в будівлях або приміщеннях може формуватися трьома шляхами. По-перше, через природне освітлення, при якому світлове середовище формується за рахунок природних джерел світла - сонця і небосхилу. По-друге, через штучне освітлення, при якому світлове середовище створюється за рахунок штучних (створених людиною) джерел світла. І по-третє, через поєднане освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

У процесі багатвікової еволюції очі людини формувалися під впливом саме природного світлового середовища. Тому параметри природного освітлення найбільш благотворно впливають як на органи зору, так і на інші системи організму. Штучне освітлення за кількісними і, особливо, за якісними параметрами набагато поступається природному освітленню і є вимушеним заходом при життєдіяльності людини в темний час доби. У денний час особливого значення набуває пошук варіантів освітлення, при яких максимально використовується природне освітлення і його позитивні якості.

Світлові прорізи роблять значний вплив на різні характеристики будівель. Досить зазначити, що при раціональному виборі розмірів світлопрозорих огорожень і збільшенні часу використання природного світла в промислових будівлях на одну годину протягом доби енергетика України могла би економити до 1 млн кВт / год електроенергії на рік.

З архітектурної точки зору вікна і ліхтарі, вітрини та вітражне скло істотну роль грають при формуванні композиції екстер'єру і інтер'єру приміщень та будівель, задаючи масштабність і ритм, візуально можуть зсувати або розсовувати внутрішні розміри кімнат, подовжуючи або розширюючи, таким чином, простір в приміщеннях. З функціональної точки зору через світлопрозорі огороження висвітлюється внутрішній об'єм приміщення, створюючи певні умови для зорової роботи, побуту, відпочинку та орієнтації в просторі. Через вікна також здійснюється природна вентиляція приміщень, що дуже важливо для створення сприятливого температурно-вологого режиму внутрішнього середовища.

Слід особливо відзначити і психологічну роль світлових отворів. Саме вони є сполучною ланкою між навколишнім простором і замкнутим внутрішнім середовищем приміщення. При наявності цієї ланки людина в будівлі відчуває себе спокійно і впевнено, так як зберігається безліч позитивно діючих на людину природних факторів. Світлопрозорі огорожі суттєво впливають на вартість будівлі, особливо значними є експлуатаційні витрати. І, нарешті, велика їх роль в енергетичному балансі будівлі, тому що через глухі частини огорожі проходить тепла в два-чотири рази менше, ніж через засклені поверхні.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Значення і вплив в цілому на будівлю світлопрозорих огорожень велике і багатогранне, а проектувальникам дуже важко і складно визначити раціональну площу і розміщення світлових проємів. Тому дана проблема вимагає наукового і експериментального підходу. З цього випливає, що дослідження в галузі будівельної світлотехніки актуальні як з економічної точки зору, так і з соціальної.

Значний обсяг в даному випадку займають експериментальні дослідження, для здійснення яких необхідна світлотехнічна лабораторія, яку інколи називають геліокліматроном. Вона призначена для організації і проведення експериментальних натурних і лабораторних досліджень в області формування оптимального світло-інсоляційного середовища в будівлях, спорудах в містобудівних структурах.

Актуальність створення лабораторії обґрунтовується тим, що теоретичними дослідженнями в багатьох випадках складно, трудомістко, а часом і взагалі неможливо врахувати всю гаму діючих факторів на процес розподілу світлових потоків, особливо відбитих від джерела світла в дану точку приміщення або території.

### III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Перш за все, в штучному небосхилі (геліокліматроні) можливе широкомасштабне моделювання, яке значно підвищує достовірність результатів досліджень і, найперше, відкриває можливість введення в модель людини-експериментатора. Це забезпечується розмірами небосхилу і моделей будівель до (4x4x3) м. На таких моделях можливо проводити комплексні дослідження з питань природного і суміщеного світлодіодного освітлення, інсоляції, сонцезахисту, світлопрозорих матеріалів і конструкцій, кольорового рішення інтер'єру, пластики фасадів, зорової працездатності в світло-кольоровому середовищі, характерному для різних кліматичних районів. Такі можливості забезпечуються чотирма основними чинниками світлодіодного обладнання небосхилу: моделювання хмарного і ясного неба, «сонця» з різними координатами, поверхні «землі», що обертається і світиться переважно поверхнею.

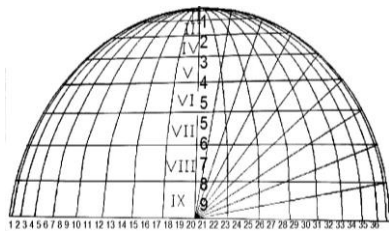


Рис.1 Залежність азимуту площини поляризації випромінювання від азимуту випромінювання.

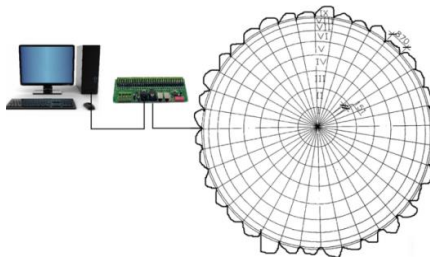


Рис.2. Схема керування освітленням геліокліматроном.



Рис.3. Лабораторія «Будівельна фізика» кафедри архітектурних конструкцій НУ«ЛП».



Рис.4. лабораторія «Штучне небо» австрійської компанії Бартенбаха

Найбільш відомі з існуючих в Європі лабораторії типу «штучний небосхил» - це лабораторії «Будівельна фізика» (рис.3), 2,5 м в діаметрі, та «Штучне небо» (рис.3), 6 м в діаметрі. На відміну від вже існуючих розроблювальна лабораторія дає змогу проводити більш масштабні моделювання. В якості джерел світла в розроблювальній лабораторії використовуються світлодіоди, що дає змогу моделювати не лише положення і яскравість сонця а і його забарвлення.

Штучний небосхил може використовуватись як об'єкт натурних досліджень з сучасних проблем оптимізації світлокольорового середовища міст. Набори експериментальних моделей конструкцій і будівель дозволяють досліджувати вплив світотехнічних ефектів та інсоляції.

### IV. ВИСНОВКИ

Геліокліматрон може використовуватись як об'єкт натурних досліджень з сучасних проблем оптимізації світлокольорового середовища міст. Набори експериментальних моделей конструкцій і будівель дозволяють досліджувати вплив світотехнічних ефектів та інсоляції.

Зважаючи на важливість розробки штучних світлових середовищ для моделювання впливу та сприйняття світла і кольору в просторі, запропонована модель керування світлодіодним освітленням в середовищі штучного небосхила.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Лишкевич В.К. и др., під редакцією Оболенского Н.В. Архитектурная физика.-М. Стройиздат, 2007, 420с.
- [2] Єгорченков В.О., Яців М.Б., Югов А.М., Кінаш Р.І. Розрахункові та експериментальні методи оцінки природного світлового середовища приміщень: Навчальний посібник для архітектурних і будівельних спеціальностей. – Львів: "ТзОВ Простір М", 2008. – 111с.
- [3] ДСТУ Б В.2.2-6-97 (ГОСТ 24940-96). Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості. – К.:Укрархбудінформ, 1998 – 22 с.

# Особливості обстеження і аналізу якості автомобільних доріг при використанні теорії ризику

Кузьменко Вікторія Віталіївна  
к.т.н., доцент Степанчук О.В.  
Інститут аеропортів  
Національний Авіаційний Університет  
Київ, Україна

**Анотація** — Формули теорії ризику дозволяють встановити вплив якості будівництва автомобільних доріг на безпеку руху автомобілів.

**Ключові слова** — теорія ризику; швидкість руху; критерій надійності; реконструкція; математичне очікування

## I. ВСТУП

Відхилення параметрів автомобільних доріг від проектних і особливо коливання (варіації) цих параметрів сприяють виникненню на дорозі небезпечних ситуацій.

## II. ТЕОРІЯ РИЗИКУ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДОРІГ

Застосування теорії ризику до оцінки якості доріг пред'являє до методів обстеження доріг особливі вимоги. Причому ці вимоги слід витримувати як при прийманні дороги в експлуатацію, так і при обстеженні існуючих доріг з метою проведення капітального ремонту або реконструкції.

Додаткові вимоги до методів обстеження доріг полягають в тому, що поряд з величиною якого-небудь параметра дороги (як середнього значення або математичного очікування) ці методи повинні дозволяти встановлювати середнє відхилення параметра або коефіцієнта варіації. Допустимість цих відхилень (допустимість варіації параметра) оцінюється ризиком руху по даному елементу дороги або (для міцних показників) ризиком руйнування конструктивного елемента. Перехід до надійності здійснюється шляхом оцінки рівня надійності (або ймовірності) безпечного руху по дорозі або шляхом оцінки рівня надійності (ймовірності) без відмовний роботи конструкції. У тому чи іншому випадку запропоновані нові або використані існуючі критерії надійності. Наприклад, розрахункова надійність геометричного елемента дороги не повинна бути нижче обґрунтованої ймовірності безпечного руху по даному елементу з розрахунковою швидкістю:

$$H = 1 - r = 1 - 1 \cdot 10^{-4} = 0,999, \quad (1)$$

де  $r = 1 \cdot 10^{-4}$  – величина об'єктивного (технічного) ризику, що допускається 85% водіїв.

Геометричні і показники міцності автомобільних доріг рекомендовано встановлювати не тільки відповідно до необхідних рівнями надійності, але і з урахуванням розбивочних і будівельних допусків на середні квадратичні відхилення і коефіцієнти варіації досліджуваних показників. Перевищення цих допусків при будівництві стає не вигідним, так як теорія ризиків відразу покаже збільшення небезпеки виникнення ДТП або руйнування конструкції вище розрахункової. При цьому відповідальність не якісного будівництва виражається відносним числом дорожньо-транспортних пригод, що виникають при розрахунковій швидкості руху, конкретним зниженням терміну служби дорожнього покриття і може бути представлена в грошовому вираженні.

При обстеженні існуючих доріг застосування методів теорії ризику дозволить деталізувати ділянки доріг, які потребують частковому поліпшенні (капітальному ремонту) або перебудові (реконструкції). І в цих випадках теорія ризику допоможе оцінити надійність проектних рішень, підкаже проектувальнику заходи щодо зниження ризику руху на окремих ділянках або елементах доріг, допоможе вибрати оптимальний варіант посилення дорожнього одягу, дасть обґрунтовані допуски на виконання будівельних робіт.

Особливість обстеження автомобільних доріг при використанні теорії ризику полягає у виробництві такого числа вимірювань геометричних і міцнісних параметрів доріг, при якому математичне очікування параметра і його середньоквадратичне відхилення встановлюються методами математичної статистики. Особливість аналізу якості елементів дороги полягає у визначенні ступеня відповідальності дороги за виникнення на ній ДТП. Отже, і методи обстеження доріг повинні дозволяти при мінімальному обсязі робіт отримувати максимальну результативність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Сеницын А.П. Расчет конструкций на основе теории риска. – М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.
- [2] Столяров В. В. Влияние качества строительства автомобильных дорог на риск движения автомобилей // Эффективность эксплуатации транспорта. Межвуз. научн. сб. – Саратов, СГТУ, 1995. – с. 110-111.
- [3] Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. – Саратов: СГТУ. 1994. – 184 с.



# Будівельна галузь в Україні: проблеми та перспективи розвитку

Куштим А.І.

науковий керівник: Грабовчак В.В.

Кафедра комп'ютерних технологій будівництва,

Навчально-науковий інститут аеропортів,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[tematema782@gmail.com](mailto:tematema782@gmail.com)

*Анотація* — ріст будівельної галузі неминує викликає економічний ріст у країні і виникнення необхідних умов для розв'язання багатьох соціальних проблем. Але на сучасному етапі її розвитку говорити про будь-яку конкурентоспроможність цієї галузі не представляється можливим. Якщо на регіональному рівні чітко просліджується тенденція верховенства будівельних організацій центральних районів та великих міст-мільйонерів у зв'язку з їх значними потужностями і інвестиційною привабливістю, то на глобальному рівні будівельна галузь України програє через брак необхідних фінансових та організаційних перетворень. В роботі розглянуто можливі способи залучення ресурсів для кредитування будівництва і придбання житла, зокрема більш докладно описано статі довгострокове кредитування.

*Ключові слова* — проблеми будівництва, економічний ріст, будівельна галузь України, фінансування, іпотека.

## I. ВСТУП

Будівельна галузь є однією з найважливіших галузей народного господарства, від якої залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання в країні. Важливість цієї галузі для економіки будь-якої країни можна пояснити наступним чином: капітальне будівництво, напевне, як ніяка інша галузь економіки, створює велику кількість робочих місць і споживає продукцію багатьох галузей народного господарства. Економічний ефект від розвитку цієї галузі полягає у мультиплікаційному ефекті коштів, вкладених у будівництво. Адже з розвитком будівельної галузі будуть розвиватися: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробка і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо. І, вочевидь, як ніяка інша галузь економіки, будівництво сприяє розвитку підприємств малого бізнесу, особливо того, який спеціалізується на оздоблювальних і ремонтних роботах, на виробництві та встановленні вбудованих меблів і т. ін.

Головна мета цієї роботи полягає в тому, щоб на основі всебічного дослідження загальних та специфічних особливостей розвитку будівельної галузі економіки України обґрунтувати пропозиції по вдосконаленню її роботи, належній реорганізації галузі для підвищення її глобальної та регіональної конкурентоспроможності.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сьогодні в Україні будівництво перебуває в занепаді: основні фонди зношені майже на 60 %, у середньому на одну родину вони втричі менші ніж в Росії і вчетверо - ніж у Литві. Порівняно із західноєвропейськими країнами матеріальна база України в 3-5 разів менша стосовно житла, в 4-5 разів щодо культури та спорту, удвічі щодо науки та в 5-6 разів щодо медицини.

Зберігається тенденція скорочення обсягів будівництва житла державними підприємствами та організаціями. В цілому по Україні їх питома вага становить 16,7 %.

Досить складна ситуація спостерігається у незавершеному будівництві. За даними обстеження Держкомстату у 2015 році у незавершеному будівництві за всіма формами власності налічується 2,2 тис. будов та 12,4 тис. окремих об'єктів виробничого і 23,4 тис. об'єктів невиробничого призначення (за винятком об'єктів індивідуального житлового будівництва).

Більше двох третин будов та окремих об'єктів незавершеного будівництва тимчасово припинені або законсервовані. Близько половини тимчасово припинених або законсервованих будов та об'єктів мають досить високий рівень будівельної готовності, а в деяких випадках будівництво припинено на майже закінчених будовах та об'єктах.

Через відсутність фінансування не будується 95% будов та 96% об'єктів, а решта - через невідповідність проекту екологічним вимогам, відсутність сировини для виробництва запроектованої до випуску продукції, неукладання контрактів тощо.

Але першочерговою проблемою, яка постає перед будівельною галуззю на даному етапі, є питання створення сприятливого інвестиційного клімату в Україні, реальних фінансово-кредитних механізмів для стимулювання промислового та житлового будівництва з метою підвищення конкурентоздатності галузі, через те, що ринкові умови господарювання вимагають формування нових засад взаємовідносин учасників інвестиційного процесу у капітальному будівництві.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Головна проблема будівельної галузі України є формування позабюджетних інвестицій.

На сьогоднішній день існує кілька можливих способів залучення ресурсів для кредитування будівництва і придбання житла. Джерелами цих ресурсів зокрема можуть виступати:

- населення, яке потребує поліпшення житлових умов;
- підприємства, що бажають вирішити житлові проблеми своїх співробітників;
- державні органи керування і місцеві адміністрації;
- фінансові інвестори.

Одним із видів фінансового забезпечення житлового будівництва може стати довгострокове кредитування, або іпотека. Іпотека – це застава землі та нерухомого майна для отримання в банку довгострокового кредиту. Сьогодні іпотека є найпоширенішим видом фінансових операцій у розвинутих країнах. Вкладання коштів в іпотечне кредитування будівництва житла можна віднести до найліквідніших банківських активів.

Світовий досвід переконує, що одним із механізмів розв'язання житлових проблем у ринкових умовах господарювання є житлова іпотека. В Україні досить успішно може використовуватися змішана модель – це синтез американської класичної і німецької моделі іпотечного кредитування житла з додаванням української компоненти.

На мою думку, для пожвавлення іпотечного ринку необхідні оздоровлення фінансової ситуації та врегулювання законодавчої бази. Іпотека могла б значно оздоровити і соціальну, і економічну ситуацію в країні. Якщо б пересічний громадянин міг придбати квартиру в кредит, це перетворило б нерухомість із малоліквідного на першокласний товар та вивело б будівельний комплекс України із кризи, в якій він на сьогодні перебуває.

#### IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, проблеми ринкової перебудови промислового та житлового будівництва в Україні є надзвичайно гострими та актуальними. Їх розв'язання стане реальним за умови наявності нормативно-правової бази, яка б стимулювала роботу всіх сфер і галузей будівельного комплексу, а також запровадження принципово нового інвестиційного механізму, що забезпечував би надходження до даної сфери економіки коштів з різноманітних джерел фінансування: державних, приватних, комерційних, іноземних. Таким механізмом могла б стати іпотека. На це треба націлити систему кредитування та надання пільгових позичок населенню. Створення бірж, інвестиційних та інших фондів, іпотечних і житлових банків, страхових компаній, інших ринкових структур, які можуть забезпечити залучення позабюджетних інвестицій у будівництво – все це елементи нової політики в галузі будівництва.

І все це повинне будуватися на чіткій, збалансованій загальнодержавній програмі, яку б усі суб'єкти влади і господарської діяльності втілювали в життя як пріоритетний напрям економічної політики Української держави.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кюнцлі Р., Степанюк А. Традиція як основний чинник національної архітектури/ Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник/ Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2013. – Вип.47. – С.364-368.
- [2] Беркута А.В. Сучасний стан та деякі напрями реформування будівельної галузі у 2000-2004 роках. / Будівництво України. – 2000. – №2.
- [3] Дронь А., Єщенко П. Ринок житла в Україні: перспективи і проблеми розвитку. / Економіка України. – 1997. – №7.
- [4] Будівельна галузь в Україні: проблеми та перспективи розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ua.textreferat.com/referat-9404-1.html>

# Визначення показників надійності шляхопроводів прогонової будови на етапі проектування

Стефашина Н.М

науковий керівник: Жданович М.П.

Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів,  
Інститут аеропортів,  
Київ, Україна  
[natali.sttt@gmail.com](mailto:natali.sttt@gmail.com)

Скороход Р.Д.

науковий керівник: Жданович М.П.

Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів,  
Інститут аеропортів,  
Київ, Україна  
[skorohodroma@gmail.com](mailto:skorohodroma@gmail.com)

**Анотація** — в даній роботі розглядалися показники, що безпосередньо використовуються для характеристики ймовірності руйнування конструкції шляхопроводу при його проектуванні, будівництві та експлуатації.

**Ключові слова** — показники надійності шляхопроводів, несуча здатність конструкції, граничний стан елементів конструкції.

граничного стану  $P_z$ , коефіцієнти варіації опору матеріалів ( бетону і арматури)  $\nu_r$ , коефіцієнти варіації по навантаженню  $\nu_{Q1}$ - для постійного і  $\nu_{R2}$ - для транспортного засобу, коефіцієнти запасу  $\gamma_0 = f(\nu_{Q1}, \nu_{R2})$  та характеристика безпеки  $\beta$ .

Вони визначаються за формулами:

$$P_f = \Phi(-\beta); \beta = \frac{r_0 - 1}{(\nu_r^2 \cdot r_0 + \nu_0^2)} \cdot \frac{1}{2}; \quad (1)$$

$$N_0 = \frac{\mu_R}{\mu_Q}; \mu_R = \frac{R_n}{(1 - 1,64 \cdot \nu_{R1})}; \quad (2)$$

$$\mu_Q = \frac{Q_n}{(1 + 1,64 \cdot \nu_Q)} \quad (3)$$

Тут  $\Phi(-\beta)$  - стандартна функція нормального розподілу.

Знайти параметр  $Q_1$  використовуючи значення  $Q_n$ ,  $R_n$  в перерізі таврової залізобетонної балки з напруженою арматурою. Необхідний рівень безпеки забезпечується при  $P_f > 0.0001$ ,  $\beta = 4 \dots 8$ .

Для досліджуваних нами значень  $R_n$  і  $Q_n$  були отримані  $P_f > 0.0018$ .

$\beta = 4,5$ , тобто безпека забезпечується на рівні проектування.

## 1. ВСТУП

При проектуванні, будівництві та експлуатації шляхопроводів потрібно подбати про заходи забезпечення їх безпечного використання людиною. Безпека є характеристикою, що має кількісні показники, що характеризують ймовірність руйнування чи величину запасу несучої здатності елемента конструкції чи її в цілому на етапах проектування чи експлуатації.

Зробити експлуатацію будь-якого мосту безпечною, безумовно, легше на стадії проектування та будівництва, аніж потім ліквідувати наслідки аварії. Тому провідні спеціалісти мостобудування приділяли цій темі особливу увагу.

Важливою складовою діяльності з захисту інженерних споруд є проведення випробувань, що дозволяють точно розрахувати їх конструктивні особливості.

Діючі ДСТУ-НВ.2.3-23:2009 пов'язують такі показники з поняттям «надійність» - тобто ймовірність того, що не буде досягнуто розрахункових граничних станів в жодному з елементів споруди. З такими показниками з'являється ймовірність перевищення

# Принципи функціонування системи міський громадський транспорт – зупиночний пункт

Тімкіна А. М., Скороход Р. Д.  
науковий керівник: Тімкіна Світлана Юріївна  
Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів,  
Навчально-науковий інститут аеропортів,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
svetlana\_timkina@ukr.net

*Анотація* — робота присвячена розгляду проблеми підвищення пропускної здатності системи міський громадський транспорт – зупиночний пункт при урахуванні всіх діючих факторів в комплексі. В роботі запропоновано встановити закономірність зміни втрати часу від взаємних перешкод між маршрутними транспортними засобами, які одночасно знаходяться на зупиночному пункті, з ростом числа місць обслуговування.

*Ключові слова* — міський громадський транспорт (МГТ), зупиночний пункт (ЗП), маршрутний транспортний засіб (МТЗ), пропускна здатність (ПЗ).

## I. ВСТУП

В житті будь-якого міста міський громадський транспорт (МГТ) відіграє, безсумнівно, велику роль. Сучасний світ, який динамічно змінюється, ставить все більше вимог до системи МГТ, яка потребує постійного вдосконалення для якісної роботи та являється одним із основних показників, що забезпечує комфортне життя населення [1].

Однією з основних задач розвитку транспортної системи являється збільшення ПЗ та швидкісних параметрів транспортної інфраструктури. Важливим її елементом є ЗП автобусного громадського транспорту, які впливають на ПЗ і безпеку дорожнього руху. Їх місце розташування, стан та якість функціонування в великому ступені визначають задоволеність жителів міста роботою громадського транспорту.

У зв'язку з переходом країни до ринкової економіки у багатьох містах різко зросла кількість маршрутних транспортних засобів (МТЗ) з малою пасажиромісністю, що належать приватним операторам перевезень. В результаті цього в системі МГТ спостерігається:

- одночасна робота різних операторів перевезень (комерційних та муніципальних), кожен з яких з власним рухомих складом;

- висока інтенсивність руху громадського транспорту, пов'язана з дублюванням маршрутів та використанням транспортних засобів малого та особливо малого класу;

- недотримання розкладу руху.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відомі з наукової літератури результати досліджень в області функціонування ЗП показали, що всі існуючі методи розрахунку ПЗ ЗП автобусного МГТ зорієнтовані на однотипний рухомий склад, що допускає розбиття ЗП на декілька місць обслуговування. В реальності кількість місць на ЗП і не являється постійним внаслідок роботи на маршрутах рухомого складу різного класу. Фактично не вивчений ряд існуючих факторів, що впливають на пропускну здатність зупиночного ПЗ ЗП. Перед усім, це наявність до чи після ЗП світлофорного регулювання, штучний простій автобуса при очікуванні пасажирів, зміщення зупиночного павільйону для пасажирів тощо.

Основною гіпотезою являється припущення про те, що підвищення ефективності функціонування зупиночного пункту ЗП може бути досягнуто за рахунок адекватного визначення його ПЗ з урахуванням всіх реально діючих факторів в комплексі.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

У зв'язку з появою МТЗ маршрутна мережа міста характеризується високим коефіцієнтом дублювання, результатом чого на основних магістральних напрямках можливо спостерігати до 30-40 співпадаючих маршрутів. Ситуацію погіршує те, що приватний перевізник використовує рухомий склад малої пасажиромісності та працює без фактичного розкладу. В таких умовах як зупиночний пункт, так і сама маршрутна мережа громадського пасажирського транспорту зазнає підвищеного навантаження. Воно найчастіше всього виражається в недостатній пропускній здатності зупиночних пунктів, які не здатні прийняти надмірну кількість автобусів. На зупиночних пунктах, де спостерігається одночасне знаходження від 7 до 11 автобусів, як наслідок, мають регулярні дорожньо-транспортні пригоди, технічні зупинки маршрутних транспортних засобів у другій та, навіть, у третій смугах з метою посадки-висадки пасажирів і інші порушення. Наслідками недостатньої пропускної здатності ЗП також являється підвищена втрата пального маршрутними транспортними засобами, зношення вузлів та агрегатів, забруднення навколишнього середовища.

Питання підвищення ефективності та якості функціонування ЗП МГТ розглядалися в роботах багатьох відчизняних та закордонних учених: Гукова В. А., Димової І. П., Єфремова І. С., Зенгенізова А. В., Ісхакова М. М., Ларіна О. М., Rodrigo Fernandez, Weihua Gu та інших [2-7].

Цими та іншими спеціалістами були запропановані кілька підходів до підвищення функціонування системи МГТ – ЗП:

1. Зменшення рухомого складу на маршрутах МГТ шляхом використання автобусів більшої місткості;
2. Корегування розкладу руху МГТ у рамках маршрутної мережі з метою більш рівномірного прибуття автобусів на ЗП;
3. Зміна місця розташування, рознесення та роззосередження ЗП.

Найбільш простим бачиться четвертий підхід, заснований на управлінні ПЗ ЗП, що не потребує серйозних змін маршрутної мережі та як наслідок являється менш затратним. Для його реалізації необхідно спочатку встановити саму пропускну здатність зупиночного пункту.

Серед вчених найбільш глибоко питання ПЗ ЗП були розглянуті Єфремовим І. С. [8].

В своїй роботі автор звертав увагу на той факт, що ПЗ ліній МГТ зазвичай обмежуються ПЗ ЗП. При її розрахунку він виходив із ситуації, представленій на рис. 1:

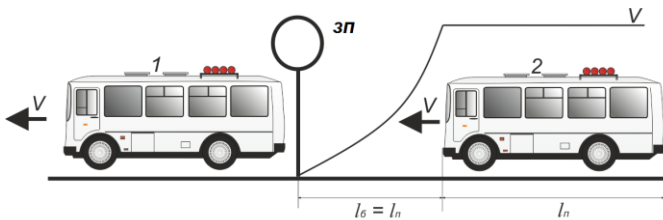


Рис 1. Розрахункова схема визначення пропускну здатності зупиночного пункту

Приймається, що пропускну здатність буде максимальною, якщо автобус 2 рухається зі швидкістю  $V$  та підходить до ЗП на відстань  $l_0 = l_n$ . При цьому автобус 1 вже від'їхав від ЗП на відстань  $l_n$ . На відстані  $l_n$  автобус 2 гальмує та зупиняється біля зупиночного знаку. Інтервал часу  $t_{i.min}$  між автобусами, що проходять ЗП, складається за цією схемою з:

1. Час  $t_r$  (с), що витрачається на гальмування з уповільненням  $a_m$ :

$$t_r = \sqrt{\frac{2l_n}{a_m}}; \quad (1)$$

2. Час  $t_{вд}$  (с) відкриття дверей ( $t_{вд} = 1,5 - 2$  с).

3. Час технічного простою, який пов'язаний з посадкою та висадкою пасажирів  $t_{п.в}$  (с):

$$t_{п.в} = \frac{\rho_{on} \cdot q_p \cdot t_{nac} \cdot k_{нд}}{n}, \quad (2)$$

де  $\rho_{on}$  – коефіцієнт, що визначається відповідно (3);

$t_{nac}$  – час посадки-висадки одного пасажиря, що витрачається на посадку та висадку одного пасажиря ( у рухомому складі наземного МГТ  $t_{nac} = 0,9 \div 1,2$  с/пас);

$k_{нд}$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірне розподілення пасажирів по дверях автобусу при посадці-висадці ( $k_{нд} \approx 1,2$ );  $n$  – кількість дверей для посадки та висадки пасажирів.

Коефіцієнт  $\rho_{on}$  :

$$\rho_{on} = \frac{P}{Q \cdot I}, \quad (3)$$

де  $P$  – часовий пасажирообмін ЗП, пас/год;  $Q$  – пасажиромісткість автобусу, пас;  $I$  – інтенсивність руху МГТ, од/год.

4. Час закриття дверей ( $t_{зд} = 2 \div 3$  с).

5. Час відправлення з ЗП  $t_{звїл}$  (с):

$$t_{звїл} = \sqrt{\frac{2l_n}{a_n}}, \quad (4)$$

Мінімальний інтервал часу між автобусами, що проходять ЗП (с):

$$t_{i.min} = t_r + t_{вд} + t_{п.в} + t_{зд} + t_{звїл}. \quad (5)$$

Пропускна здатність ЗП (од/год):

$$P_{on} = \frac{3600}{t_{i.min}} = \frac{3600}{\sqrt{\frac{2l_n}{a_m}} + (1,5 \div 2) + \rho_{on} \cdot q_p \cdot t_{nac} \cdot k_{нд} / n + (3 \div 4) + \sqrt{\frac{2l_n}{a_n}}}. \quad (6)$$

В залежності від коефіцієнта час знаходження автобусу на ЗП знаходиться в інтервалі ві 2 до 60 с та навіть більше. При розрахунках цей час приймають 20 с, що відповідає приблизно 180 автобусам за час.

#### IV. ВИСНОВКИ

Підвищення ефективності функціонування системи МГТ – ЗП може бути досягнуто кількома шляхами. Найбільш ефективним є спосіб, що полягає на управлінні ПЗ ЗП. Існуючі методики розрахунку ЗП орієнтовані на одномарочні або близькі за характеристиками рухомі склади, що допускає розбивати ЗП на певне число місць обслуговування.

#### V. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / И. В. Спирин. - М.: Изд. Академия, 2003. - 400 с.
- [2] Агуреев И.Е., Денисов М.В. Математическое описание динамики пассажирских тран-портных систем. Известия Тульского государственного технического университета. Технические науки. –2010. – №4-2. – с. 143-153.
- [3] Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г.А. Варелопуло. - М.: Транспорт, 1990.- 208 с.

- [4] Груздов Г.Н. Определение пропускной способности остановочных пунктов / Г.Н. Груздов, И.Г. Климок // «Автотранспортное предприятие». – 2012. – №9. – с. 53-55.
- [5] Гудков В.А. К вопросу о пропускной возможности автобусных остановочных пунктов / В.А. Гудков, [и др.] // Автотранспортное предприятие. - 2003. - № 4. - с. 26 - 28
- [6] Fernandez, R., Planzer, R., 2002. On the capacity of bus transit systems. Transport Reviews 22(3), 267-293.
- [7] Weihua Gu. Models of Bus Queueing at Curbside Stops. [Электронный ресурс] / W. Gu. – Режим доступа: <http://its.berkeley.edu/publications/UCB/2012/VWP/UCB-ITS-VWP-2012-3.pdf>
- [8] Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. - М.: В.Школа, 1980.-535.

# Інноваційний інструмент у сфері будівництва – 3D друк

Фабіянська А.О.

науковий керівник: к. арх., доцент Гнатюк Л.Р.

Кафедра дизайну інтер'єрів,

Навчально-науковий інститут аеропортів,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[anastasiyf@online.ua](mailto:anastasiyf@online.ua)

*Анотація* — розглянуто проблеми сучасного будівництва, де утворюється велика кількість відходів різного виду. Розкрито один із можливих способів відходу від традиційного будівництва – 3D друк. Розглянуто принцип роботи 3D принтера та особливості його використання в даній галузі. Проаналізовано набутий досвід різних країн світу. Виділено позитивні та негативні сторони даної діяльності. Наведено порівняльний аналіз традиційного будівництва та технології 3D друку. Розкрито основну ідею, за якою переробка відходів для нової галузі будівництва є значно простішою процедурою, ніж для традиційного. Намічено перспективи розвитку 3D друку в будівництві надалі.

*Ключові слова* — 3D, друк, принтер, будівництво, відходи, переробка, споруда.

## I. ВСТУП

Стрімкий розвиток технології 3D друку дозволяє впроваджувати його у різні сфери промисловості, такі як медицина, автомобілебудування, ювелірне виробництво і т.д. Створюються нові 3D принтери, вдосконалюється та спрощується функціонал, що розширює коло споживачів. Будівельна промисловість теж почала використовувати 3D друк як новий інструмент, що має свої особливості.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Галузь будівництва є однією з найбільш розвинутих сфер у промисловості на даний момент. Через великий ріст урбанізації, виникає потреба у розбудові міст, створенні нових житлових та комерційних одиниць. Цей процес завжди супроводжується утворенням великої кількості відходів, що нагромаджуються і потребують додаткової роботи по транспортуванню до спеціальних місць. Але не завжди такі матеріали придатні для повторного використання або піддаються обробці. Тому існує проблема утилізації таких великогабаритних та важких відходів, що також супроводжується великою тратою часу. На даний момент зростає популярність 3D друку, створюються нові моделі 3D принтерів та матеріалів для них. Деякі з них більші, ніж приватний будинок і здатні створити об'єкти такого ж розміру, а спеціальний матеріал із цементу робить їх такими ж міцними, як і звичайні цегляні стіни. Тому не дивно, що

дані сфери почали поєднувати і шукати нові шляхи до вдосконалення процесу будівництва.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Будівництво дуже складна, відповідальна, затратна по часу і коштам діяльність. Вона потребує володіння необхідними знаннями, вмінням їх правильно використовувати, адаптуватись під ситуацію та ряд інших вимог для того, щоб мінімізувати витрати, час та убезпечити процес. Протягом багатьох десятиліть люди постійно шукають шляхи покращення різних аспектів будівництва. З'являються нові технології, конструкції, матеріали, способи вирішення певних проблем пов'язаних зі зведенням споруд. Створюється нова техніка, що полегшує роботу будівельникам.

Перший 3D принтер створив японець доктор Хідео Кодама на початку 1980-х років, розробивши систему швидкого прототипування з використанням фотополімерів. Принцип роботи приладу був такий же, як і в сучасних 3D-принтерах – роздрукований об'єкт створювався пошарово у відповідності до моделі. Наступне важливе відкриття належить Чарльзу Халлу, що винайшов і запатентував стереолітографію у 1986 році. Метод полягає в опроміненні рідкої фотополімерної смоли лазером для створення твердих фізичних об'єктів. Даний спосіб має як позитивні, так і негативні аспекти. Основним є те, що завдяки такому способу з'явилась змога створювати об'єкти високої деталізації. Такий метод є досить затратним, адже матеріали та сам принтер є досить дорогими. В 1988 році Скот Крамп винайшов технологію пошарового наплавлення (скорочено FDM – Fused Deposition Modeling), що стала революційною у світі 3D друку через відносну дешевизну матеріалів та принтерів. На даний момент це є одна із найпростіших та найпоширеніших технологій 3D друку [1].

Протягом наступних років сформувалось два основні шляхи розвитку даної технології. Один пов'язаний із розробкою нових високотехнологічних 3D принтерів, що можуть використовуватись в таких складних галузях, як медицина, аерокосмічна, автомобілебудівна та ювелірна промисловість тощо.

На даний момент існує велика кількість різних методів створення тривимірних об'єктів засобами 3D друку, але не залежно від того, який принтер використовується,

побудова виробу відбувається пошаровим методом додавання сировини. Цей спосіб є досить простим, зрозумілим та відносно не затратним по часу, тому не дивно що науковці вирішили використати його і в сфері будівництва [3].

Протягом декількох років групи вчених з різних країн незалежно один від одного робили дослідження та засновували власні технології для реалізації даної ідеї. Одним із засновників будівельного 3D друку вважається Берох Хошневіс. Йому належить авторство технології Contour Crafting (контурне виготовлення), що послужила основою для подальших альтернативних розробок: будівельна суміш наноситься за допомогою екструдера, який встановлено на рухомій конструкції (рис. 1) [2].



Рис.1. Схематичне зображення будівельної площадки із 3D принтером з екструдером.

У 2014 році китайська компанія WinSun повідомила про створення десяти надрукованих будинків за добу. Кожен з них мав площу 200 м<sup>2</sup> і дуже просте планування (рис. 2) [2].



Рис.2. Один із десяти будинків надрукованих на 3D принтері компанією WinSun, Китай, 2014 р.

По-перше, всі надруковані блоки домів створені окремо один від одного і зібрані вже на будівельному майданчику. А це означає, що знадобилось транспортування та збір цих деталей, що додає зайвих витрат. По-друге, споруди були зібрані без використання армування, що робить їх сейсмічно нестабільними. По-третє, в цих будинках не були прокладені комунікації, що на даний момент означає неможливість їх експлуатування. Але приблизно через півроку компанія повідомила про реалізацію більш складних проектів: п'ятиповерхового житлового будинку та особняка площею 1100 м<sup>2</sup>. На цей раз вони вирішили проблеми стійкості та комунікацій, але не відійшли від системи заводського роздільного друку деталей, через величезні габарити 3D принтера. В якості

матеріалу використовувалась суміш із цементу, склопластику, піску та спеціального затверджувача. В ході реалізації проекту була досягнута значна економія будівельних матеріалів. Щодо термінів, то на створення будинку засобами 3D друку пішло близько 30% часу, необхідного для традиційного будівництва аналогічного об'єкту. При цьому склад бригади був скорочений в п'ять разів, що означає економію коштів та знижений ризик виробничих травм.

Ще одним відомим діячем в області 3D друку являється росіянин Андрій Руденко. Його заслуги в цій галузі полягають у тому, що він створив 3D принтер, який друкує об'єкти прямо на будівельному майданчику. Таким чином, зменшується витрати на транспортування деталей та їх установку. У Філіппінах було створено прибудову до готелю площею 130 м<sup>2</sup>. В якості основного компоненту для створення будівельної суміші використовувався вулканічний пісок, якого в Філіппінах велика кількість. Цікавим є те, що з ним матеріал стає дуже міцним і його можна використовувати і без цементу, а використовувати інші добавки. Готельна прибудова стала першим надрукованим на 3D принтері об'єктом, який експлуатується і донині [2].

Всі будівельні матеріали, що використовувались в наведених проектах були однорідними сумішами. Тобто несучі конструкції друкуються з одного матеріалу і укріплюються арматурою. Ці суміші найчастіше створюються із вторинної сировини, що робить їх дешевими та доступними. Також, у майбутньому ці матеріали будуть легше піддаватись переробці та створенню аналогічних сумішей. Даний аспект робить використання 3D друку в будівництві ще більш обумовленим та рентабельним, адже зменшаться витрати на нові будівельні матеріали.

#### IV. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Досліджено сучасний стан у сфері будівництва та які проблеми виникають під час даного процесу. Розглянуто основні методи 3D друку та принцип роботи 3D принтера. Розкрито причину активного використання 3D друку у різних сферах промисловості. Визначено варіанти впровадження даної технології будівельну галузь. Виявлено основні проблеми допомагає вирішити 3D друк у будівництві. Досліджено впровадження нової технології у галузь будівництва та які характерні особливості виникають під час цього.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Э. Кенесс, К. Фонда, М. Дзенаро. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Кенесс, К. Фонда, М. Дзенаро.
- [2] Сообщество владельцев 3D-принтеров – 3DToday – описание 3D принтеров, отзывы о 3D принтерах, характеристики, фотографии и описание. Точка доступа: <http://3dtoday.ru/>
- [3] 3D-печать: прошлое, настоящее и немного о будущем. Точка доступа: [https://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_common.shtml](https://www.ixbt.com/printer/3d/3d_common.shtml)



# Investigation of cement development for determination of it's possible progress ways

Student: Rakovych M.

Head of research: Pylypenko O.  
National Aviation University SSIAP  
Kyiv, Ukraine

Student: Galaka V.

Head of research: Pylypenko O.  
National Aviation University SSIAP  
Kyiv, Ukraine

**Abstract**— This report gives an overview of cementing technique evolution and defines the current status of modern cementing techniques. Modern cementing techniques aim to improve the mechanical strength of the concrete, and reduce carbon dioxide emissions. Production of eco-cements. It is suggested to use pozzolana ash to improve mechanical properties of cement. And perhaps some new ways of progress.

**Keywords**—*history of cement; portland cement; green cement; bacteria cement; pozzolana.*

## I. INTRODUCTION

A cement is a binder, it is commonly used in building constructions and in some other spheres. Cement works as a glue that sticks together all parts of concrete, like sand and crushed stone. Also it is widely used for mortar in masonry work. [1]

There are a lot of examples of concrete all over the world, but who was the first who started to use it as building material, perhaps will never know the truth, but there are some facts about first concretes. The oldest one is dated as 12 000 BC, it was created as a result of the reaction of limestone (with some additives) with oil, this reaction caused instant combustion and firing of limestone, in such way first ever known concrete on the Earth was created. [2]

The first manmade concrete is dating to 6 500 BC, it was found in Syria, but it was only image of some city, and the was no use of that concrete in construction.

The first Concrete used as an building material was found in Yugoslavia near the Danube river, and is dating 5 600 BC. 25 cm thick flour slab was found in almost every house of Stone Age houses in that region.

The next famous example was found in China, where builders used cement mortar to hold bamboo together for boat construction, also they used lime mortar for building of the Chinese Great Wall. [3]

So, this were the first precedents of manmade concrete all over the world. Exactly those people who did that were those who turned the history over, and started new age in the history of construction.

Unfortunately nobody can exactly tell us what provoke them to do that but the fact is still the fact they were the first who started learning from nature they started to do manmade stones. And why don't we start to create new materials.

## II. PROBLEM FORMULATION

According to the last investigations our planet Earth is something about 4 billion years old, and the first human being appeared here about 1 million years ago. And today even after all these years of progress and different discovering in comparison to the nature we are not fit to tie it's shoelaces, and always there was a problem when we are trying to change the nature, but it's not a wise decision, but really a wise would be to learn something from nature, and it means every field of man action, engineering is not an exception.

## III. MAIN PART

Rocks, stones, boulders, bones, teeth, claws etc., all these are great examples of nature's work, from the very beginning man used each of this as material for weapon, for buildings and for other purposes. Then man started to create something as it nature do, in that period great buildings, structures were created, manmade stone or concrete was one of the most important discovering of the mankind. Since the 5600 BC (when the first manmade concrete was made) till our times humans tried to develop this way of evolution of building engineering. But why shouldn't we try to dig deeper? From the law of energy conservation we can say that nothing can be created from nothing, and this means that what the nature does we can repeat and do it by ourselves.

Bone is great example of nature hydro-concrete as it's formation occurs in liquids. According to the opinion of many

specialists, bone is five times stronger on compression than reinforced concrete, by the tensile strength bone is like an oak. Femur can withstand 4000 kg on compression.

Corals although they are very brittle broke a lot of ships, we chew huge quantity of food every day by our teeth during decades of years. Nature can give us much more information then we can even think, the answer is right in front of us.

Role of compound of the ordinary Portland cement: tricalcium silicate is largely responsible for initial set and early strength gain. Dicalcium silicate is responsible for strength gain after one week The tricalciumaluminat liberates a lot of heat during the early stages of hydration, but has little strength contribution. Gypsum slows down the hydration rate of tricalcium aluminat. Tetracalcium aluminoferrite hydrates rapidly, but does not contribute much to strength of the cement waste.

Really important part of cement development took place in Rome, roman builders used pozzolana (kind of volcanic ash) to build different structures including underwater construction. The specific feature of this cement is that after setting it forms concrete that will never corrode under action of sea water in contrast to Portland cement. When sea water reacts with volcanic ash there appears crystal, known as aluminum tobermorite which continues growing and strengthen the concrete. [4]

Although all this seems that people want to change cement and concrete by other materials, but it's not true, the real situation is now we are not ready to do it, and concrete together with cement continues to develop. There are some new novelties:

Green cement is one of the most famous from them, it main feature is that during it's production CO<sub>2</sub> is absorbed and not emitted. [5]

Another discovery was concrete with plane silicate particles. This new technology improved plasticity and strength of the concrete.

In Netherland scientists invented cement which contains specific bacteria *Bacillus*, which give to the concrete possibility to repair cracks. [6]

Another self-repairing cement was created by adding to it capsules with epoxy resin, and when cracks are appearing capsules are destroying and epoxy resin comes out and sticks concrete particles together, and therefore withstand cracking.

One more interesting novelty is concrete was made by the example of coral creation mixing CO<sub>2</sub> with sea water with high level of calcium.

#### IV. CONCLUSION

Now after analysis of these materials we can say that. Magnesium that is present in pozzolana, bones and all parts of tooth gives concrete resistance to water. Strength of concrete is given to it by the calcium, but as we can see on the example of enamel presence of great amount of calcium makes material brittle. Presence of oxides of iron and aluminum gives concrete something like mini-reinforcement, perfect example of it can be tobermorite, found in ancient roman concrete, which by the opinion of most scientists gave that strength to the roman concrete.

And what if we add something organic to the cement, like chinese builders did, they add sticky rise to the lime and that mortar bounded the bricks together so tightly that in many places weeds still cannot grow. Indian builders add juice of sugar cane, and that provided strength and durability of mortar for many centuries. Perhaps those organic additives worked as second binder, perhaps something else. So if mineral additives present in teeth and bones gave concrete similar features, perhaps we should try to add something else maybe not only inorganic compounds.

The nature had much more time for creation of binder on the base of calcium and we can see results of its work (bones, teeth, shells...). Chemical analysis of all these products can help us to understand how to reach all these results by artificial method, and in such a way it can give great push not only to construction but for evolution of human also.

#### REFERENCES

- [1] Taylor, H. F. W., Cement Chemistry, Thomas Telford, Oxford, 1997, p. 459.
- [2] Ramachandran, V. S., Feldman, R. F., and Beaudoin, J. J, Concrete Science, London, 1981, Appl. Sci. Publ., p. 427.
- [3] Yan, Li Yong, China's way forward paved in cement, Asia Times, 7 January 2004.
- [4] Pure natural pozzolan cement (PDF). Archived from the original on 18 October 2006. Retrieved 2009-01-12. . chamorro.com.
- [5] "Engineers Develop Cement With 97 Percent Smaller Carbon Dioxideand Energy Footprint Drexel Now". DrexelNow. Archived fromthe original on 18 December 2015. Retrieved 16 January 2016.
- [6] <https://enki.ua/Bacteriacement>