

**Т.В. Шмельова, к.пед.н., доц.**  
Житомирський державний університет імені Івана Франка  
**А.М. Шостачук, к.т.н., доц.**  
Житомирський державний технологічний університет

## БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ АРКИ В БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Термін „арка” походить з латинської мови – „*arcus*”, що значить – дуга. У мистецтві архітектури під аркою розуміють криволінійне перекриття прорізу в стіні або простору між двома опорами (колонами чи пілонами), що передає на основу не тільки навантаження, а й розпір. Проте, цей термін вживається і для будь-якої вигнутої структури, що має форму арки. Арка може існувати в двох варіантах: як конструктивний архітектурний елемент (наприклад, над двірним проходом чи брамою, або в якості чисто декоративного елемента) та, як окрема архітектурна споруда (давньоримські тріумфальні арки Тіта, Септімія Севера тощо).

Частини арки мають такі назви: *п'ята арки* (поперечний переріз біля опори), *замок арки* (поперечний переріз біля вершини арки), *стріла підйому* (віддаль центра замка арки від лінії, що з'єднує центри п'ят арки). Відстань між центрами п'ят називається *розрахунковою проїмою*. Із збільшенням стріли підйому зменшується розпір арки. Арка може спиратися на колони, стовпи й стіни. Іноді боковий тиск арки буває таким великим, що його можуть не витримати прості опори й на допомогу повинні прийти підпірні арки (аркбутани) і контрфорси.

**Архітектурний аспект.** Існує понад 40 різновидів арок. Представимо вашій увазі деякі з них. Найпростіший вид арки – *півциркульна арка* (напівкругла арка). Форма півциркульної арки визначена розмірами прольоту арки, тому напівкруглій арці властивий безособовий характер покою і рівноваги. Навпаки, всі інші види арки можуть змінювати свої обриси незалежно від розміру інтервалу. *Підковоподібна арка* отримала найбільший розвиток в арабській архітектурі. Її особливість полягає в тому, що головний наголос падає на п'яти арки, тим самим перевага в конструкції надається горизонтальним напрямом. Ще більш важкий характер властивий *пласкій арці* й так званій *арці Тюдорів*, яку запровадила пізня англійська готика. Протилежна тенденція – устремління доверху – властива *стрілчастій арці*, яка характерна для розвиненого готичного стилю. Саме стрілчаста арка пропонує найбільшу різноманітність силуету – з більш широким вигином, або з більш гострим, або з гнучким підйомом обрису. На думку Б. Віппера, важливе значення для стрілчастої арки мають пропорції прольоту, який вінчає арка. Якщо ці пропорції стрункі й високі, то арка пронизується енергією і динамікою; якщо ж п'яти арки опускаються майже до підлоги, то посилюється враження тяжкості, тиску вниз. У свою чергу, *двосхилу арку* з вигнутим вістря, популярну в Індії, характеризує контраст між устремлінням доверху і тиском у боки. *Параболічні арки* запровадив в іспанський архітектор Антоніо Гауді. Такі арки передають весь розпір на основу й не потребують додаткових елементів.

Уперше арки з'явилися у II тис. до н.е. в архітектурі Стародавнього Сходу, зокрема в Месопотамії. Розвиток арок і склепінних конструкцій був обумовлений, у значній мірі, дефіцитом дерева і відсутністю високоміцних кам'яних порід. Саме брак каменю і дерева в південній Месопотамії змусив будівельників винайти інший, ніж, наприклад, в Єгипті, спосіб створення перекриття. Поряд із балковим перекриттям із стовбурів пальми часто будувалося склепінчасте перекриття з цегли. Для полегшення виконання робіт і зменшення розпору склепінню надавали форму підвищеного овалу або навіть стрілчасту форму.

Різні архітектурні форми – арки, куполи й арочні склепіння – які були відкриті в Месопотамії, в Європі вперше використали етруски. Саме вони вперше розробили техніку кладки арки, яку пізніше в них запозичили римляни. Етруски почали використовувати клиноподібні арочні камені, які своїм взаємним тиском тримали напругу арки в рівновазі.

На відміну від етрусків стародавні греки практично не використовували арку, надаючи перевагу горизонтальному архітраву. Арки й склепіння з'явилися знову в елліністичній архітектурі Передньої Азії. Стародавні римляни, запозичивши арку в етрусків, спирали її не на колони, а на стовпи, „приставляючи” грецькі колони спереду для прикраси. Колони, частіше коринфського ордера, встановлювали на високі постаменти, архівольти спирали на невеликі виступи-карнизи по сторонах арки, що називалися імпостами. Угорі, над замковим каменем, проходив горизонтальний карниз. Трикутна площину між цим карнизом і архівольтом арки отримала назву антрвольта. Ряд таких арок утворюють аркаду - одну з улюблених композицій римлян.

У Середньовіччі, в візантійській й романській архітектурі, під впливом мистецтва арабів, арки знову стали спирати безпосередньо на колони, що було більш тектонічно. Саме використання стрілчастої арки в XII в. у Західній Європі, на території сучасної Франції, поклато початок готичному стилю. Будівельники абатств Сен-Дені й Клюні виявили, що стрілчаста форма зменшує бічний розпір, руйнівно діє на стіни. Вони винайшли так звану „зв'язану конструкцію” зрівнявши висоту бічних „щоківих” арок і

діагональних – „ожива” (фр. Augive – „підтримуюча”) отриманих від перетину під прямим кутом двох коробкових склепінь.

Арка була використана в епоху Відродження Філіппо Брунеллескі, який створив капелу Пацці з легким портиком і Виховний дім у Флоренції. У Виховному домі весь нижній поверх оформлений у вигляді привітної відкритої лоджії-галереї. Тип лоджії з півкруглими арками й широко розставленими тонкими колонами згодом поширився в архітектурі внутрішніх дворів ренесансних палаццо.

Пізніше Леон Баттіста Альберті вперше запропонував для церковного фасаду (у двох варіантах) античний мотив тріумфальної арки, який згодом був використаний у найрізноманітніших контекстах. У церкві Сант-Андреа у Мантуї з її пілястрами великого ордера і високою аркою-нішею мотив арки має класичний характер. Однак, з XVII ст. в Європі поширюється зведення кам'яних тріумфальних арок, самої величезної із яких стала арка на Площі Зірки в Парижі. Через декілька десятиліть арки почали споруджувати з міцних залізних конструкцій, ретельно маскуючи їх кам'яним облицюванням. У цій групі споруд однією з найкрасивіших у світі є арка Головного штабу в Санкт-Петербурзі.

Арка стала символом небесного склепіння, проходження через арку означало нове, духовне народження людини. Ця символіка складалася поступово, ще з античності, де форма арки символізувала спочатку бога Зевса, а потім – Юпітера. Так переосмислювалася в історії мистецтва елементарна будівельна конструкція, перетворення якої вказувало шлях від простого будівництва до мистецтва архітектури, від вирішення утилітарних завдань перекриття простору до створення художнього образу цього простору.

**Акустичний аспект.** Про акустичний ефект використання арок доцільно говорити стосовно культових споруд, де необхідно забезпечити добру чутність як священнослужителів, так і хору при здійсненні церковних обрядів. При проектуванні храмів розраховують розподілення та запізнювання звукових хвиль від внутрішніх поверхонь храму. Розподілення звуку, відбитого від внутрішніх поверхонь, можна покращити, надавши внутрішнім поверхням опуклі обриси. Останні виконують у вигляді арок, куполів та склепінь. Небажаними є плоскі, паралельні одна одній поверхні (бічні стіни храму), при яких відлуння багаторазово відбивається між ними.

**Конструктивний аспект.** Однією з головних причин використання арочних конструкцій є їх висока несуча здатність. При використанні плоских перекриттів останні будуть зазнавати деформацій згину, іншими словами, в поперечному перерізі балок перекриття будуть мати місце напруження згину. Згин є досить складним видом деформації, де, якщо нижні волокна зазнають деформації розтягу, то верхні – деформації стиснення і навпаки, при наявності деякої нейтральної лінії і взаємного тиску волокон. Тоді найбільш вразливими є ті області поперечного перерізу, які піддаються розтягу, оскільки допустимі величини напружень стиснення і розтягу становлять відповідно, МПа: до 0,3 та 0,4–4 для камінної кладки, до 0,2 та 0,6–2,5 для цегли; 0,1–0,7 та 1,0–9 для бетону. Як видно, в середньому, допустимі напруження при стисненні на порядок вищі, ніж при розтягу і деформації згину є небажаними, особливо при великих навантаженнях. Заміна плоских перекриттів арочними дозволяє замінити напруження згину напруженнями стиснення, значно збільшивши при цьому несучу здатність та надійність конструкцій. Таким чином, арочні конструкції використовують при зведенні будівель, що мають приміщення з великими прольотами, уникнувши при цьому застосування проміжних колон в якості несучих конструкцій (храми, концертні та виставкові зали, приміщення засідань парламентів та інших організацій, вокзали, мости, стадіони, тощо).