

УДК 624.011

**Т.С. Бабич,**  
*магістрант.**Київський національний університет будівництва і архітектури***М.С. Коваленко,***асистент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій***Д.В. Михайловський,***к.т.н., доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій.*

## АРКИ З КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ

Анотація: представлено короткий історичний огляд виникнення арок як конструктивної форми. Обґрунтована необхідність застосування арок з клеєної деревини для перекриття великих прольотів.

Ключові слова: клеєна деревина, арки, великі прольоти, конструктивна форма.

Пошуки людини протягом багатьох століть спрямовані на створення ефективних конструктивних форм. Перехід від архітравних (балкових) покриттів до арок спершу було пройдено без усвідомлення впливу об'єктивних законів розвитку технічних систем на процес удосконалення конструкцій.

В стародавні часи арки з'явилися як результат візуального сприйняття змикання у вертикальній перспективі двох стовпів. Перші арокні, і навіть склепінчасті та купольні конструкції створила сама природа – вітер та вода (рис. 1).

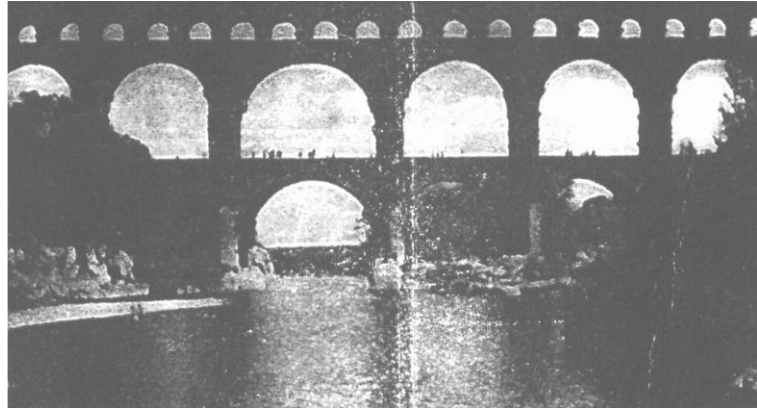


*Рис. 1 Отвір вимитий водою в льодовику*

В стародавньому Римі застосування арок і склепінь набуло широкого застосування. Римляни досягли значних технічних успіхів у будівництві арок як

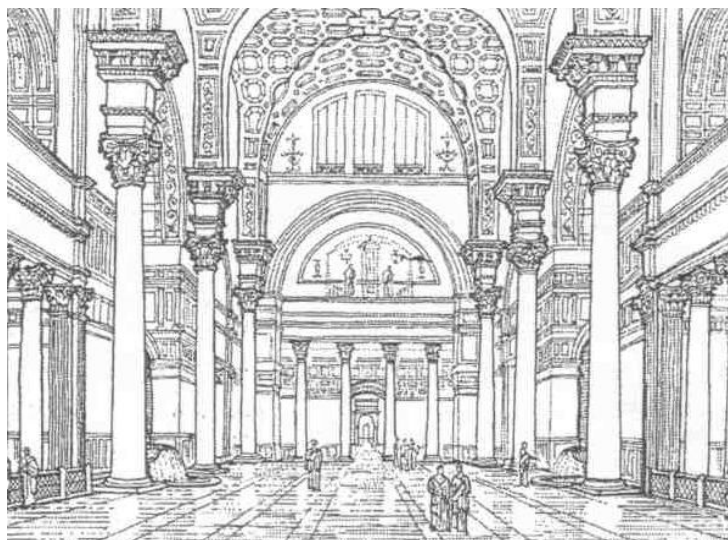
з деревини, так і з каміння. Арки римляни звели навіть в культ, прикладом чого є відомі до нашого часу триумфальні арки.

Рим перетинало декілька гігантських аркад – акведуків для постачання водою з гірських джерел громадських лазень – терм. Аркади мали один ярус на рівній місцевості чи коли збігали на верхів'я пагорбів, два яруси, коли перетинали простір між цими пагорбами, три і навіть чотири яруси, коли на їхньому шляху виникали річкові долини. До наших часів зберігся відомий Гардський акведук (рис. 2).



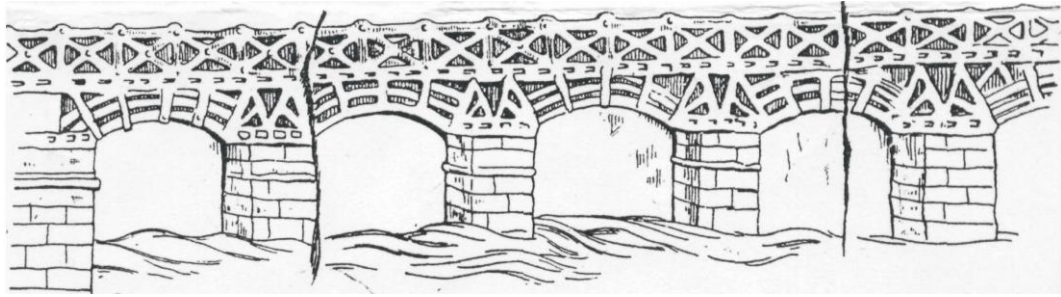
*Рис. 2 Гардський акведук*

Також велика увага в стародавньому Римі приділялась будівництву терм. Були розроблені спеціальні рекомендації, за якими відбудовувалися ці чудові за архітектурою і складні інженерні споруди. На рис. 3 показані терми Каракалли.



*Рис. 3 Терми Каракалли*

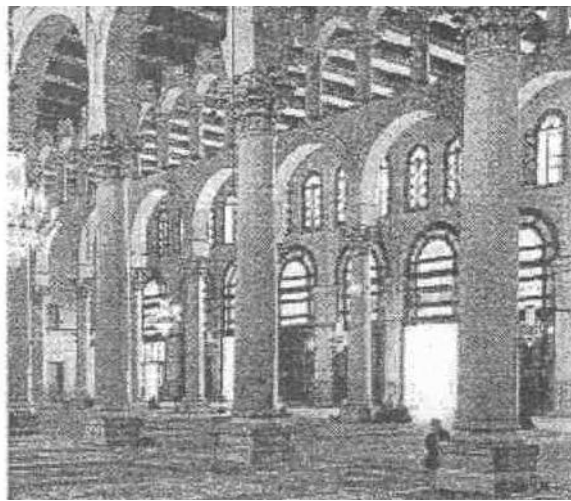
Стародавні фахівці інтуїтивно відчували, що арками можна перекривати значні прольоти і це підтвердилося на практиці, тому арки набули застосування і при будівництві мостів. На колоні Траяна, що стоїть на Римському форумі, є зображення дерев'яного моста, збудованого через р. Дунай (104 р.н.е.), показаного на рис. 4.



*Рис. 4 Міст Траяна збудований Апполодором Дамаським*

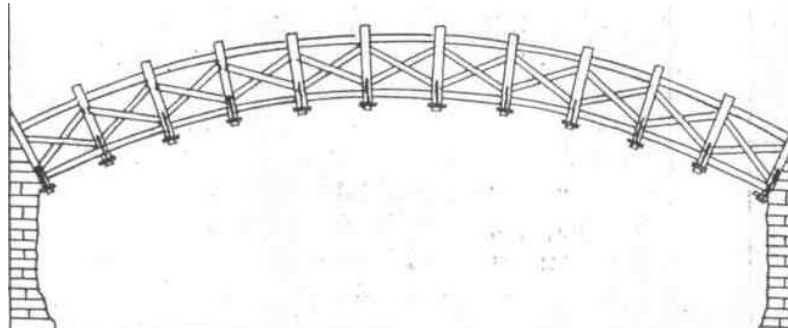
Міст мав 21 прольот по 35 м. Прольоти перекривалися дерев'яними арками, що складалися з трьох брусів.

Римлянами арки були запозичені з Близького сходу в часи завойовницьких війн. В стародавньому місті Дамаску в X ст. до н.е., коли він був столицею арамейської держави, було збудовано святилище арамейського бога Хадада. Ця будова в наступні століття і тисячоліття стала основою римського храму Юпітера, потім християнської базиліки Іоанна Хрестителя і нарешті мечеті Омейядов (рис. 5).



*Рис. 5 Мечеть Омейядов в Дамаску*

В подальшому розвиток різних конструктивних форм пов'язаний з видатним архітектором епохи відродження Андреа Палладіо в XVI ст. Він створював не тільки житлові палаци і громадські будівлі, в покриттях яких застосовував нові для свого часу гратчасті дерев'яні ферми, а й інженерні споруди – мости. Зі зростанням прольотів він від балкових схем перейшов на аркову, використовуючи наскрізну дерев'яну ферму (рис. 6).



*Рис. 6 Арочний міст Андреа Палладіо*

Головне призначення арок – слугувати несучими конструкціями покриттів будівель і прольотів мостів. Арки раціонально застосовувати для перекриття великих прольотів. Для арок є характерним виникнення похилих реакцій опор (як результат розкладання яких з'являється горизонтальна складова – розпір) від вертикального навантаження. Це викликає особливі вимоги до ґрунту і влаштуванню фундаментів. При спиранні арок на слабкі ґрунти розпір сприймається затяжкою, що розташована нижче рівня підлоги. В разі спирання арок на надземні частини будівель розпір передається на ці частини виконані у вигляді жорстких конструкцій: одно-, двоповерхові каркасні етажерки в будівлях різного призначення, трибуни в спортивних спорудах і таке інше. Якщо з архітектурних естетичних міркувань чи технологічних вимог для споруд різного функціонального призначення наявність розпірок як конструктивних елементів покриття не обмежується, вони розташовуються в рівні верху опор, виконуючи роль нижніх поясів арок. До них може здійснюватися кріплення легкої стелі чи технологічного, освітлювального і іншого обладнання.

В громадських будівлях обрис арок обирається з архітектурних міркувань утворення внутрішнього об'єму приміщення будівлі. В промислових спорудах обрис арок визначається частіше виходячи з технологічних вимог.

Однак в будь-якому випадку при визначенні обрису положистих арок слід дотримуватися принципу раціональності форми осі арок, який полягає в тому, щоб згинальні моменти в арці були як можна менші. Це досягається тоді, коли ось арки по можливості близька до кривої тиску (рис. 7). Кривою тиску зветься зворотня епюра згинального моменту  $M$ , що накладена на вісь арки (схема *в* на рис. 7).

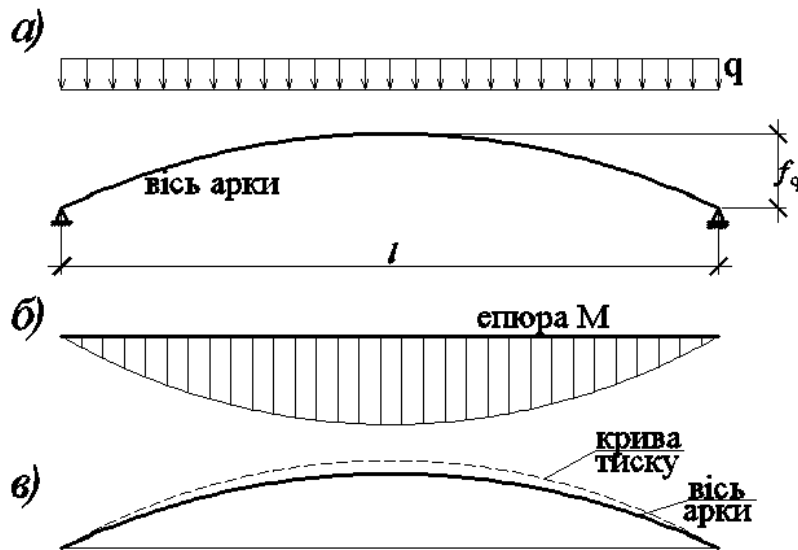


Рис. 7 До вибору форми осі положистої арки:  
 а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів по довжині арки;  
 в – крива тиску

Крива тиску в положистій арці від постійного навантаження (власна вага) і рівномірного снігового навантаження в прольоті має параболічну форму. Тому, теоретично оптимальна геометрія осі арки – парабола. Однак для зручності виготовлення елементів арки їх частіше приймають окресленими по дузі кола. В положистих арках їхній обрис майже співпадає з параболою.

Найбільш раціональною за витратами матеріалу буде арка прольотом  $2l$  з обрисом по дузі радіусом  $1,09l$  з стрілою підйому  $f=0,66l$ . Слід відмітити, що оптимальне співвідношення  $R/f$  становить  $1,65$  і дуже наближене до співвідношення золотого перерізу  $1,62$ .

Висоту положистих арок  $f$  слід призначати в межах  $1/4 \dots 1/6$  прольоту  $l$ .

За статичною схемою арки підрозділяються на тришарнірні, двошарнірні та безшарнірні (рис. 8).

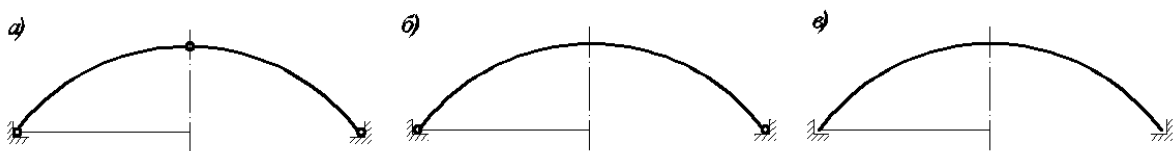


Рис. 8 Арки у відповідності до статичної схеми:  
 а – тришарнірні; б – двошарнірні; в – безшарнірні

За витратами клеєної деревини саме на арку, деяку перевагу мають безшарнірні арки, але вони вимагають більш масивних опор. За вартістю всі три типи арок приблизно рівноцінні.

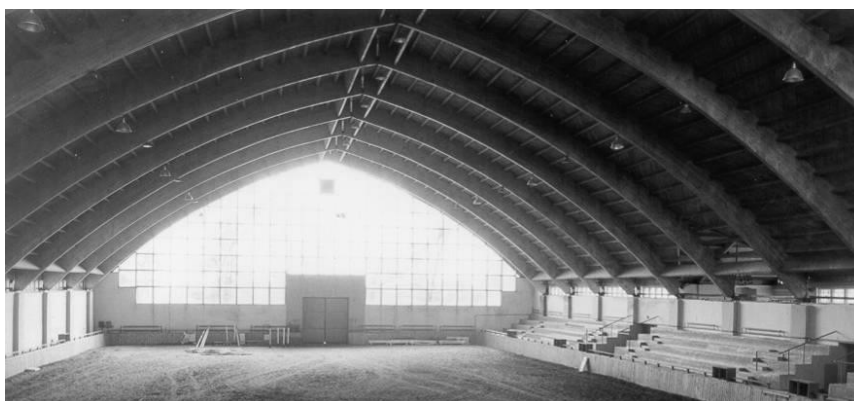
Сучасні арки з клеєної деревини дозволяють перекривати великі і навіть дуже великі прольоти (рис. 9-11), що можливо завдяки наступним трьом факторам.



*Рис. 9 Покриття універсального спортивного стадіону. Двохшарнірні арки з клеєної деревини прольотом 100 м м. Ванкувер. Канада, 2008 р.*



*Рис. 10 Кінноспортивний манеж в м. Гомелі, 2007 р. Республіка Білорусь*



*Рис. 11 Каркас складу антиожеледних реагентів прольотом 60м в м. Москва. 1997р. Росія*

**Перший фактор:** велика відносна міцність деревини.

Відносна міцність матеріалу визначається співвідношенням його міцності до його густини  $R/\rho$ . Для деревини, наприклад, 2-го сорту з розрахунковим опором стиску вздовж волокон  $f_{c,0,d}= 15$  МПа ( $150$  кгс/см<sup>2</sup>) і  $\rho=0,0005$  кг/см<sup>3</sup> ( $500$ кг/м<sup>3</sup>) співвідношення  $f_{c,0,d}/\rho=150/0,0005=300000$  см=3000 м. Отриману величину, умовно, можна прийняти за висоту дерев'яного стовбура, в основі якого напруження від власної ваги дорівнюють розрахунковому опору матеріалу. Для звичайної будівельної сталі з  $R_y=230$  МПа і  $\rho=0,00785$  кг/см<sup>3</sup> висота сталевого стовбура становить також 3000 м. Тобто, відносна міцність деревини така сама як відносна міцність звичайної сталі. Саме ця позитивна механічна властивість деревини дозволяє, завдяки незначній власній вазі, перекидати арками великі прольоти. Відповідно з діалектикою природи, один з законів якої свідчить про єдність протилежностей, деревина як конструкційний матеріал має негативну властивість. Полягає вона в надзвичайно низькому модулі пружності матеріалу, який дорівнює  $E=10^4$  МПа, в той час, для порівняння, модуль пружності сталі  $E=2,1\cdot 10^5$  МПа.

Висока відносна міцність деревини ефективно може бути використана в тих конструктивних формах, до яких пред'являється, порівняно з іншими, суттєво менш суворі вимоги жорсткості: саме такою конструктивною формою є арки, на відміну від балкових конструктивних форм, в яких преволуючим частіше становиться розрахунок по жорсткості, відповідно до другої групи граничних станів. Для арок визначальним є розрахунок за першою групою граничних станів – по міцності з забезпеченням плоскої форми деформування.

**Другий фактор:** використання «пустоти».

На відміну від категорії «пустоти» загальної філософії в філософії техніки, зокрема в будівельних конструкціях «пустота» їх має чисельне вимірювання, що дозволяє враховувати її в інженерних розрахунках. Ефект її використання полягає в суттєвому зменшенні згинального моменту в арці.

Еволюційний ланцюжок плоских конструктивних форм завдяки закону згортання та узгодження гратчастих ферм завершується арками. Відповідно до об'єктивних законів розвитку технічних систем (див. [1]) ступінь їхньої ідеальності залежить від міри матеріальних витрат, за рахунок яких досягається ідеальність. Арки відповідають цьому положенню, оскільки ефективність цієї конструктивної форми потребує відносно невеликих, порівняно з балковими конструктивними формами, додаткових витрат матеріалу. Кількісне вимірювання ефекту «пустоти» в арках можна підрахувати порівнянням в курсовій роботі витрат на здійснення арки і, наприклад, балки чи ферми при всіх однакових вихідних даних на проектування.

Будівничі стародавніх часів і середньовіччя застосовували арки, не усвідомлюючи фізичної суті «пустоти», використовуючи її інтуїтивно і на підставі досвіду.

**Третій фактор:** застосування клеєної деревини.

Клеєна деревина відносно новий конструкційний матеріал, який виготовляється з деревини цільної. Клеєна деревина являє собою багатошаровий пакет з дощок склеєних між собою.

Цільна деревина (дошки тонкі і товсті, бруси) має обмежені розміри поперечних перерізів і довжин елементів. З неї проектуються різні наскрізні несучі конструкції, в тому числі і аркові. Це дрібноелементні конструктивні форми з великою кількістю вузлів. Прольоти таких арок незначні.

Клеєна деревина дозволяє отримати поперечний переріз теоретично необмеженої висоти  $h$ . Норми проектування не обмежують співвідношення висоти перерізу до його ширини –  $h/b$ . Це дозволяє проектувати раціональні перерізи, враховуючи те, що величини основних розрахункових геометричних характеристик перерізів: статичного моменту опору, моменту опору, моменту інерції в значній мірі залежать від їхньої висоти.

Механічна властивість деревини – міцність – залежить від її якості, яка визначається притаманними деревині вадами: сучки, косошарість, тріщини і ін. При розпилуванні бруса на тонкі дошки відбувається роздрібнення природних вад, а при компоновці багатошарового пакету дрібні вади рівномірно розміщуються по всьому пакету. Завдяки цьому якість клеєної деревини покращується і зростає її міцність. Норми проектування дерев'яних конструкцій [3, 6] дають три сорти клеєної деревини з підвищеними порівняно з цільною деревиною міцносними характеристиками: опорами різним деформаціям.

Арки з клеєної деревини – це сучасна будівельна конструкція за допомогою якої можна перекидати великі і навіть дуже великі прольоти. Великопрольотні конструкції з клеєної деревини набули широкого розповсюдження в усьому світі, неминуче застосування цих чудових конструкцій і на території України.

#### Список літератури

1. Кліменко В.З. Будівельна біоніка. Закони розвитку технічних систем. Будівельні конструкції. Навчальний посібник - К.: Вид-во «Сталь» 2010 р. – 299с.
2. Лопато А.Э. Пролеты, материалы, конструкции. – М.: Стройиздат, 1982. – 196с.
3. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. / Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1982.-66с.



4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
5. Клименко В.З. Конструкції з дерева і пластмас: Підручник.: - К.: Вища шк., 2000. – 304с.
6. ДСТУ-Н Б.В.2.6-184:2012 «Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування» - К. "Укрархбудінформ" 2012. – 120с.
7. ДБН В.2.6-161:2010 «Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення» - К. "Укрархбудінформ" 2010. – 109с.

#### Аннотация

Представлен краткий исторический обзор возникновения арок как конструктивной формы. Обоснована необходимость применения арочных конструкций из клееной древесины для перекрытия больших пролетов.

Ключевые слова: клееная древесина, арки, большие пролеты, конструктивная форма.

#### Abstract

Presents a historical overview of how the arches of a constructive form. The necessity of the use of arched structures laminated wood to cover large flights.

Keywords: laminated wood arches, large flights, constructive form.

УДК 725.21

**О. В. Березко**

*аспірант каф.архітектурного проектування  
Національного університету «Львівська політехніка»*

## **МОЛ ЯК НОВИЙ МІСЬКОЇ СПОРУДИ (НА ПРИКЛАДІ КИЇВА)**

Анотація: у статті проведено аналіз передумов виникнення молів та аналіз значення самого терміну «мол». Проаналізовано зміни, що відбулися при трансформації молу із замиської у міську споруду. На основі аналізу планувальних організацій молів Києва, досліджено особливості молу як міської споруди.

Ключові слова: мол, планувальна організація, об'ємно-просторове рішення, автомобілізація, міська споруда.

### **Постановка проблеми.**

Сьогодні однією з найбільш ефективних форм організації торговельного простору міста є моли – багатофункціональні торговельні комплекси, які стали невід'ємним атрибутом великих міст. Спочатку моли створювались для замиського простору і, перетворившись на міську споруду, зазнали низки трансформацій. Незважаючи на це, мол і досі не вважається повноцінною