

**Л.Ф. НІКОЛАЇ ПРО РОЗВИТОК МОСТОВОЇ
СПРАВИ В РОСІЙСЬКІЙ ІМПЕРІЇ
(з часу виникнення до середини ХІХ ст.)**

У статті висвітлюється процес розвитку мостової справи з часу виникнення до 1855 року. Характеризується дерев'яні і наплавні мости, кам'яні мости і труби, аркові металічні мости, мости з металевими фермами балкової системи. Рухомі мости з постійними опорами. Розглядається теоретична сторона мостової справи.

Ключові слова: *будівництво мостів, архітектура, мостова справа, техніка, російська імперія*

Леопольд Федорович відомий нам і як історик мостобудівної справи [1]. Його монографія сьогодні цитується майже в усіх наукових монографіях, підручниках, посібниках, в яких висвітлюється розвиток мостової справи. Жаль, що ця книга завершується тільки 1855 роком. Однак, незважаючи на це, Л.Ф. Ніколаї малює нам чудову картину розвитку мостової справи означеного періоду. Ця картина зміни типів мостових споруд у нього вийшла дуже строкатою. Починає свій аналіз Л.Ф. Ніколаї з опису найпростіших мостів – *дерев'яних постійних і наплавних мостів* [2]. Автор монографії зазначає, що рови річки незначної величини ще в давнину перекривалися на усій ширині розливу річки або ділянками – подвійним або потрійним рядом наскрізних стовбурових стін, плотів з настланих поверху плотів настилом, з одним або декількома отворами на всю ширину стіни, перекритими балками. Услід за цим частини стіни між суміжними отворами замінювалися окремими ряжевими опорами (городнями), які заповнювалися землею і камінням. На річках з льодоходом попереду опори ставився трикутний придаток із зрубу, наповненого землею.

Для можливості перекриття звичайними балками більш значних прогонів, поздовжні стіни ряжових опор виступали зовні у вигляді консолей, на які опиралися балки.

На річках з незначним льодоходом – ряжеві опори поступово витіснялися свайними опорами. Балки на мосту підсилювалися підбалками з підкосами і тому відбувався перехід до підкосних мостів звичайної конструкції.

З кінця ХVІІІ і особливо на початку ХІХ століть, з часу створення адміністрації шляхів сполучення Російської імперії, у різних типів споруд зник показник випадковості, зник показник місцевих особливостей. В цей час формується відома система, яка призводила до вироблення і удосконалення типів мостів.

Спочатку з'являється складна підкісна ферма, яка згодом перейшла на аркову (у 1813 р. з'явився кам'яноостровний міст у Петербурзі). При цьому найдовші прогони перевищували 12 сажнів. Проміжні опори робилися або дерев'яними, або кам'яними. При спорудженні останніх опор почали користуватися понтонними ящиками (Волховський міст – 1824); бездонними

ящиками і бетоном на розчині з гідралічного вапна (Навський міст – 1824 р.).

В окремих випадках прогони дерев'яних аркових мостів сягали доволі значних величин (міст через ріку Мшагу мав прогін у 18 сажнів – 1824), міст через ріку Вепрж, прогін 36,5 сажнів – 1845 року, міст через ріку Куру в Тифлісі, прогін 24 сажнів – 1851 року).

Аркові ферми досить довго зберігали першість, так що перший в Росії залізничний міст через Обвідний канал на Царськосельській залізниці (1835-1830) було збудовано дерев'яним, аркової системи з величиною прогону у 11,5 сажнів.

У 1842 р., вірогідно під впливом американських взірців, для моста через р. Мсту на Московському шосе, застосовували складні ферми, які складалися з розкісної і аркової ферм; п'ять прогонів по 24 сажнів.

Услід із знайомством в Америці у 1839 р. з фермами системи Тауна і Гау – ці системи стали застосовуватися і в Російській імперії. Перша – на мостах на шосе (міст через річку Ящуру на Динабург-Вітебському шосе, прогін 23 сажнів, 1841 р.; Метехський міст через річку Куру; прогін 23 сажнів, 1843 р.; міст через річку Пскову, прогін 25 сажнів, 1849 р.), а друга – переважно в залізничних мостах (мости Миколаївської залізниці (1847-1857); міст через річку Коломенку, на Рязанському шосе, прогін 35 сажнів.

З метою забезпечення фермами Гау більшої тривалості служби – в двох мостах ці ферми були побудовані з металевими поясами (міст через Обвідний канал на Миколаївській залізниці і міст через ріку Оку поблизу Коломни на Московсько-Рязанській залізниці. За винятком Миколаївської залізниці і міст через річку Оку ферми системи Гау не отримали подальшого застосування на залізницях; ними користувалися разом з фермами системи Тауна лише для тимчасових споруд. Ферми розвідної частини Миколаївського мосту в Петербурзі також системи Гау із заміною дерева на чавун в розкосах і залізом в поясах (система Джонса).

Через глибокі річки і при цьому значної ширини вже з давніх часів будувалися *наплавні мости* (міст через р. Дніпро у Києві 1115 р. при Володимирі Мономаші; спочатку на плотах, відтак на барках, а при Миколаї I – на понтонах). Цей тип штучних споруд, найбільш давній і найбільш поширений, зустрічається досі. У Петербурзі перший наплавний міст через р. Неву було побудовано у 1727 р. при Катерині I.

Для пропуску суден, на зміну влаштовуваних сьогодні виводних елементів (плашкоутів) моста, - колись застосовувалися підйомні мости; особливого розвитку плотові і понтонні мости отримали за часів царів Олександра I і Миколи I. Петербурзькі мости через Неву; міст через річку Волгу і Тверцю в Твері, через р. Волгу в Макарові; через річку Дніпро в Києві, в Кременчуку, Через Західну Двіну, через річку Сож та ін.), причому в залежності від розміру коливання горизонтів – пристосування для безперервного сполучення мостового полотна з дорожнім полотном складалися: з коротких полотен, що хиталися (Петербургські мости), з довгого жорсткого полотна, яке оберталося навколо горизонтальної осі і яке

підтримувалося в декількох місцях всувними залізними стяжками (міст у Двінську), або, нарешті з довгого гнучкого мостового полотна, здатного впливати частинами у міру піднесення горизонту (Кременчукський і Київський мости).

Кам'яні мости і труби. Завдяки великій кількості лісу, нестачі каменю, а також завдяки рівнинному характеру Росії – кам'яні мости не мали такого поширення, як дерев'яні. Якщо залишити осторонь мости, побудовані на Кавказі, то першим кам'яним мостом слід вважати міст через Москву-ріку, спорудженим у 1643 р. і закінченим після деякої затримки будівництва у 1687 році. Відтак, протягом досить таки тривалого часу кам'яні мости не будувалися. А кам'яні труби вперше з'явилися на перспективній залізниці з Петербурга до Москви.

У 1782-1788 г. починається спорудження кам'яних мостів через Фонтанку у Петербурзі, Кам'яного моста через Катерининський канал, а в Москві - через ріку Яузу. З 1786 р. починають складатися нормальні креслення кам'яних мостів, прогони яких сягали 9 сажнів (міст поблизу села Холоп'я). Відтак в 40-х роках XIX ст. будується декілька кам'яних мостів в Тифлісі (Михайлівський міст з найбільшим прогоном у 15 сажнів) і в інших містах, але особливо видатних споруд не зустрічається. На Варшавсько-Віденській залізниці побудовано було декілька кам'яних аркових мостів і труб.

Аркові металеві мости. За розглядуваний період часу – усі аркові металічні мости були чавунні. (Перший міст із залізними арковими фермами був побудований у Петербурзі у 1869 р. через Обвідний канал, в кінці Ізмаїльського проспекту, за величини прогону у 10 сажнів). Чавунні аркові мости вперше з'являються у Петербурзі при Олександрі I у 1806 р. і це були перші металеві мости в Росії. Тоді були побудовані: Поліцейський, Червоний, Синій, Поцілунків, Мало-Семеновський мости. Спочатку ці мости будувалися у вигляді суцільного зведення з пустотілих клинів. Згідно пропозиції Базена суцільні сторони пустотілих клинів робилися наскрізними (міст через Мойку навпроти Інженерного замку); нарешті клини замінили окремим арковими фермами. З часом були побудовані окремі у Петербурзі чавунні аркові мости, серед яких слід відзначити: Театральний, Великий і Малий Конюшенний (1829), Миколаївський міст (1842-1850). Побудований у Москві у 1835 р. Високоп'ятницький міст аркової підвісної системи мав також окремі арки суцільного перетину.

Ланцюгові мости. Вони були збудовані в Росії у 1822 р. згідно пропозиції французьких інженерів, які були на службі в Росії. Ланцюгові мости стали швидко поширюватися, а потім поширення їх відразу зупинилося, захопивши період часу з 1824 по 1853 роки. Сюди належать: Пантелеймонівський міст у Петербурзі (1824), пішохідні мости через Катерининський канал і Мойку; Єгипетський міст (1827); дротяний через Західний Буг - у Брест-Литовську і через ріку Нарву в Івангороді – прогін 41,7 сажнів (1836); Київський міст через р. Дніпро – чотири прогони по 63 сажні і два напівпрогони по 32 сажні з додатковим прогоном, перекритим

поворотним мостом (1853). Островський міст через річку Велику, який складався з двох окремих мостів довжиною 43,7 сажнів (1853).

Мости з металевими фермами балочної системи. Металеві ферми цієї системи були мабуть в перший раз застосовані до поворотної частини Миколаївського моста у Петербурзі (1850). Ферми розкісної системи з чавунними розкосами двох напрямків і з залізними поясами і стяжними болтами. Система ця представляла видозміну системи Гау із заміною дерева на метал і відома більше під назвою системи Джонса. Залізні балочні ферми із суцільним стикуванням застосовуються вперше у розвідній частині Київського ланцюгового мосту (1853); відтак такі ж ферми були застосовані металевих балок при заміні (1857) кам'яних арок Семенівського мосту (через Фонтанку).

Міст із залізними балковими фермами з наскрізною стінкою з'являється вперше на Петербурзько-Варшавській залізниці, а саме міст через р. Лугу; два прогони по 26 сажнів, перекриті нерозрізними фермами решіткової системи з жорсткими стиснутими розкосами (1853-1857). Таким чином, в залізничних мостах ферми з наскрізною стінкою передували появі ферм із суцільною стінкою, які вперше були застосовані у 1863 р. біля мосту через р. Неман біля Ковно на Петербурзько-Варшавській залізниці; (нерозрізна чотирипрогінна ферма з крайніми прогонами по 33 і з середніми по 37 сажнів).

Решта мостів значних отворів на даній залізниці: через рр. Велику, Західну Двіну, р. Неман біля Гродно, Західний Буг та ін. мають прогінну будову з розрізних і підрізних решіткових ферм з плоскими розкосами обох напрямків.

Рухомі мости з постійними опорами. З рухомих мостів цієї групи до 1873 р. застосовувалися підйомні мости з горизонтальною віссю обертання. Сюди відносять міст без противаг і з коромислами; з противагами змінної ваги у вигляді важких ланцюгів (підйомні мости через р. Фонтанку (1786), з противагами постійної ваги, із прикладанням зусиль до короткого кінця противаги (мости на Архангельському тракті) або до сектору, прикріпленому до ферми (Шліссельбургський і Петербурзький мости); нарешті мости з противагою, яка обертається навколо самостійної осі (підйомна частина Волховського мосту на Миколаївській залізниці). Поворотні мости – однорукавні та металеві - появляються в перший раз у 1850 р. при спорудженні Миколаївського мосту у Петербурзі і ланцюгового моста у Києві (1853). Хоча проекти поворотних мостів з дерев'яними фермами склалися ще Базеном для мосту через притоку Дніпра між Бериславом і Олександрівськом (сьогодні Запоріжжя).

Теоретична сторона мостової справи, стосовно розробки підходів для визначення зусиль у складових частинах споруди, визначення умов стійкості і проведення експериментальних досліджень, які тісно пов'язані з основами вищої математики і механіки, із вченням про опір матеріалів, про пружність та ін. – очевидно могла розвиватися лише після того, як було засновано спеціальний навчальний заклад із викладанням згаданих наук [3]. З цього не

виходить, звичайно, що усі споруди попереднього періоду будувалися на основі одного досвіду, без усякого попереднього розрахунку. Якщо і були особи, які володіли науковою підготовкою, то це були поодинокі випадки; більшість техніків були іноземцями. Росіянами ж технічні відомості набувалися випадково; правильного систематичного викладання інженерних наук не існувало. Із заснуванням Інституту (1809) і завдяки працям Бетанкура, Базена, Потьє, Дестрема і академіків Вісковатова, Гур'єва, і професорів Резімона, Чиждова, Севаст'янова і Майорова – викладання математики, допоміжних та інженерних наук було поставлено в Інституті на міцну основу і в подальшому постійно удосконалювалося. Серед викладачів в наступному періоді були такі знаменитості, як Ламе, Клайперон, і академіки Остроградський, Бунаковський, Купфер. Викладання спеціальних наук, отримане спочатку вишезгаданими французькими інженерами, поступово передається інженерам, колишнім вихованцям Інституту, як наприклад, Севаст'янову, Добронравову, Ястржемському, Кербедзу, Мельникову, Соболевському, Собко, Андрєєву, Липину, Редеру та ін.

У пресі і в рукописах з'являється розробка багатьох питань наукового характеру, опис роботи і проекти різних споруд, в тому числі і мостових споруд. Велика кількість статей, надрукованих в «Журнале Главного управления путей сообщения», стосувалася опису гідротехнічних робіт. З кількості статей теоретичного характеру, які відносяться власне до мостової справи і зокрема до будівельної механіки, найбільш видатними є: праця Ламе і Клайперона «Про стійкість зведень» (1823) і праця Д.І. Журавського «Про мости розкісної системи Гау».

Л.Ф. Ніколаї зазначає, що стаття Ламе і Клайперона була подана авторами у 1823 р. до Французької Академії наук. Їхня праця - результат теоретичних досліджень, покликаних перевірити стійкість склепін та купола Ісакиєвського собору, який тоді будувався. Кінцевою метою було визначення положення шва перелому – причому ними зроблено як аналітичне, так і графічне вирішення питання. Автори вперше довели, що положення шва перелому характеризується такою умовою - для цього шва відношення моменту ваги напівсклепіння до підвищення верхньої точки склепіння над нижньою точкою шва перелому сягає максимуму. Що положення шва перелому не залежить ні від окреслення склепіння нижче цього шва, ні від розмірів опор. Що для пологих склепін шов перелому завжди знаходиться у його основі, якщо основа вища від шва перелому для відповідного напівциркульного склепіння. Подальше їх дослідження стосувалося визначення виду кривої циліндричного склепіння, при якій момент стійкості склепіння з горизонтальною лінією – величина постійна. При цьому виявилось, що момент стійкості не може бути постійною величиною для усього склепіння.

Першою працею Д.І. Журавського була праця, у якій з наукової точки зору і абсолютно самостійно розроблялося питання про визначення зусиль у мостовій розкісній фермі. Ця праця з'явилася у 1855 р. і мала назву «Про мости розкісної системи Гау». Вона охоплювала детальне теоретичне

дослідження питання про визначення найбільших зусиль в частинах розкісної ферми з паралельними поясами, розрізної і нерозрізної, визначила розробку того ж питання закордонними вченими. Оригінальний підхід дослідження Д.І.Журавського, відрізняючись від загальноприйнятих підходів, має ту безперечну перевагу, що попередньо пояснюється шляхом простих співставлень і думок сутність явища, що вивчалось, а згодом і застосовувався у можливо простому вигляді математичний аналіз. Підхід Д.І. Журавського із своєрідним способом визначення точки розділу вантажів, не вимагаючи визначення опорних стовпів, дозволяє абсолютно точно визначити зусилля від постійного і рухомого навантаження у розрізній фермі, а також і від постійного навантаження у нерозрізній фермі.

З результатів цих досліджень з'ясувалося, що у розкісній фермі з паралельними поясами зусилля у стяжках і розкосах збільшуються до опор, що зворотні розкоси в фермах Гау, завдяки особливостям конструкції, не викликають невизначеності у передачі зусиль, що при повному навантаженні усіх прогонів нерозрізної ферми пояса однаково напружені над опорами в тому випадку, коли крайні прогони складають 0,816 від середніх, рівних між собою прогонів. З'ясувалося ще багато інших положень і все це вперше визначив Д.І. Журавський. Ним також розроблена теорія шпонкових сполучень. Він довів існування косого сколюючого зусилля у стінці балки при згинанні і т.ін [4].

Із сучасників Д.І. Журавського, які працювали з ним у справі розробки підходів у розрахунку зусиль у розкосних фермах, слід згадати про інженерів Хржановського і Рехневського. Згідно заяви Д.І. Журавського - інженер Хржановський першим вирахував зусилля в частинах ферм при рівномірному навантаженні; Рехнівський – визначив зусилля у складових частинах пірамідального остову шпиль Петропавловського собору.

Експериментальні дослідження з науковою метою здійснювалися за вказаний період також такими особами: Рокуром і Клайпероном (1826) над порівняльними характеристиками розчинів; Ламе (1822) над опором розриву уральського заліза; Дестрем визначив (1826) – витрату води в Неві. Д.І. Журавським (1843-1852) визначив моменти опору дерева на розрив, стиснення, зім'яття і сколювання: проведені експериментальні дослідження над шпонковими сполученнями. Він у 1859 р. виміряв напруги у болтах ферми-моделі, яка представляла собою сполучення аркової ферми і ферми Гау і т.д. Інженер Кербедз (1859) провів експериментальні дослідження над порівняльною перевагою експериментальних досліджень заклепкових сполучень з пробитими і просвердленими отворами.

Таким чином, навіть поверхневий аналіз історико-наукових праць Л.Ф. Ніколаї дає можливість побачити хід розвитку мостової справи в колишній Російській імперії. Автор ґрунтовно охарактеризував праці визначних вчених та інженерів, які зробили вагомий внесок у теоретичні і практичні досягнення мостобудування. Історично-наукові праці Л.Ф. Ніколаї не втратили своєї актуальності до цих пір. А наукова монографія Л.Ф. Ніколаї «Краткие исторические данные о развитии мостового дела в России» цитується майже

в усіх прцях з будівельної механіки, гідробудівництва та будівництва залізничних мостів.

Література

1. Николаи Л.Ф. Краткие исторические данные о развитии мостового дела в России / Л.Ф.Николаи. – Санкт-Петербург: Изд-во ин-та пут. сообщений, 1898. - 119 с.
2. Николаи Л.Ф. Деревянные мосты с чертежами на таблицах. К последнему изданию курса мостов /Л.Ф. Николаи. – Москва: Типо-литогр. В. Рихтер, 1901. – 75 с.
3. Николаи Л.Ф. Расчет мостов: [Литогр. изд.] / Проф. Л.Ф.Николаи; Ин-т ИПС имп. Александра I. - СПб., 1895. - 783 + 132 + 22 с.
4. Николаи Л.Ф. Об определении поперечных размеров быков в зависимости от ледохода / Л.Ф. Николаи // Известия Собрания инженеров путей сообщений. – 1897. - N 3. – С. 33- 43

Латыш В.И. Л.Ф. Николаи о развитии мостового дела в Российской империи (со времени возникновения к середине XIX ст.)

В статье освещается процесс развития мостового дела со времени возникновения до 1855 года. Характеризуется деревянные и наплавные мосты, каменные мосты и трубы, арочные металлические мосты, мосты с металлическими фермами балочной системы, подвижные мосты с постоянными опорами. Рассматривается теоретическая сторона мостового дела.

Ключевые слова: строительство мостов, архитектура, мостовая справа, техника, русская империя

Latysch V.I. L.V. Nikolay about development of bridge business in the Russian empire (since an origin to the middle of XIX of item)

In the article the process of development of bridge business is illuminated since an origin to 1855. Characterized wooden and наплавные bridges, lithoidal bridges and pipes, arched metallic bridges, bridges with the metallic farms of the beam system, mobile bridges with permanent supports. The theoretical side of bridge business is examined.

Keywords: building of bridges, architecture, roadway on the right, technique, Russian empire